

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко
(підпис)
«___» _____ 2018 р.

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»**

за спеціальністю: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізацією: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання целюлозно-паперового виробництва

на тему: Модернізація паперорізального верстата санітарно-гігієнічного паперу.

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛБ-71мп

Деркач Олексій Дмитрович

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, проф. В. М. Марчевський

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(підпис)

очікувані техніко-економічні показники модернізації

канд. екон. наук, доцент Н. Є. Скоробогатова

(підпис)

технологія виготовлення лабіринтної втулки

ст. викл. Я. Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

ст. вик. В.В. Колпаков

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

тації

без

Засвідчую, що у цій магістерській дисер-

має запозичень з праць інших авторів

відповідних посилань.

Студент _____ О.Д. Деркач
(підпис)

Київ – 2018

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

Умовні позначення:

A – площа, м^2 ;

b – ширина, м ;

H, h – висота, м ;

D, d – діаметри, м ;

m – маса, кг ;

N – потужність, Вт ;

n – частота обертання, с^{-1} ;

Q – продуктивність, кг/с ;

t – температура, К ;

τ – час, с ;

q – лінійний тиск, кН/м ;

μ – коефіцієнт тертя, мм/м ;

ρ – густина паперу, кг/м^3 ;

T – тягове зусилля, Н ;

I – момент інерції, м^4

V – швидкість машини, м/хв. ;

B – обрізна ширина паперу, м ;

δ – товщина паперу, м ;

q – маса 1м^2 паперу, г/м^2

Умовні скорочення:

ККД – коефіцієнт корисної дії.

КПК – картонно-паперовий комбінат

ПРВ – повздовжньо-різальний верстат

КРМ – картоноробна машина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вступ

Для обробки та подальшої переробки паперової продукції найкращою сировиною є рулонний папір. Він найзручніший для перемотування, нанесення фактури, надання кольору, уведення наповнювачів на проміжних і завершальних операціях. Проте одержані рулони надто широкі для подальшого використання, тому їх необхідно розрізати на рулони, що мають стандартну ширину.

У цій області актуальними є питання забезпечення рівного та гладкого зрізу, збільшення часу між переточками ножових поверхонь, покращення якості намотування рулонів та регулювання сили притискання намотуваного рулону, також важливе зменшення затрат електроенергії.

На всі ці питання дозволяють відповісти Паперорізальні верстати з периферичним намотуванням та нижньою заправкою паперового полотна, із розрізанням за принципом ножиць. Оскільки верстат, що експлуатується на Київському КПК та є прототипом у цій роботі, має ряд недоліків, його необхідно було модернізувати з метою збільшення його продуктивності і скорочення енергетичних затрат.

Задля досягнення цієї мети було поставлено такі задачі:

- проаналізувати сучасні паперорізальні верстати та оцінити модернізовану конструкцію з точки зору її патентоспроможності;
- перевірити основні складальні одиниці верстата на міцність;
- розрахувати основні характеристики верстата, зокрема продуктивність; час намотування рулону; силу, необхідну для зіштовхування рулону; сили притискання та динамічні навантаження, що діють на рулон та вали, а також розрахувати механізм виважування рулону;
- розробити схему автоматизації виважування рулону на накаті;
- підрахувати економічний ефект від проведеної модернізації;
- розробити та розрахувати технологічний процес виготовлення втулки.

1 Призначення та область використання паперорізального верста- ту

У розвинутих країнах світу відсоток споживання паперової продукції набагато вищий, ніж у країнах СНД, тому продуктивність обладнання та обсяги виробництва в Україні має бути значно більшою. Значна частка в цьому обсязі належать рулонним паперовим виробам. Це, наприклад, – типографська продукція, виробництво паперових пакетів, санітарно-гігієнічний папір.

Паперорізальний верстат у технологічній схемі встановлюється після ПРМ або КРМ. З накату машин знімають рулони великої ширини, незручної для перевезення та установки на обладнання для переробки паперу. Це ще більше актуально у разі збільшення обрізної ширини папероробних машин.

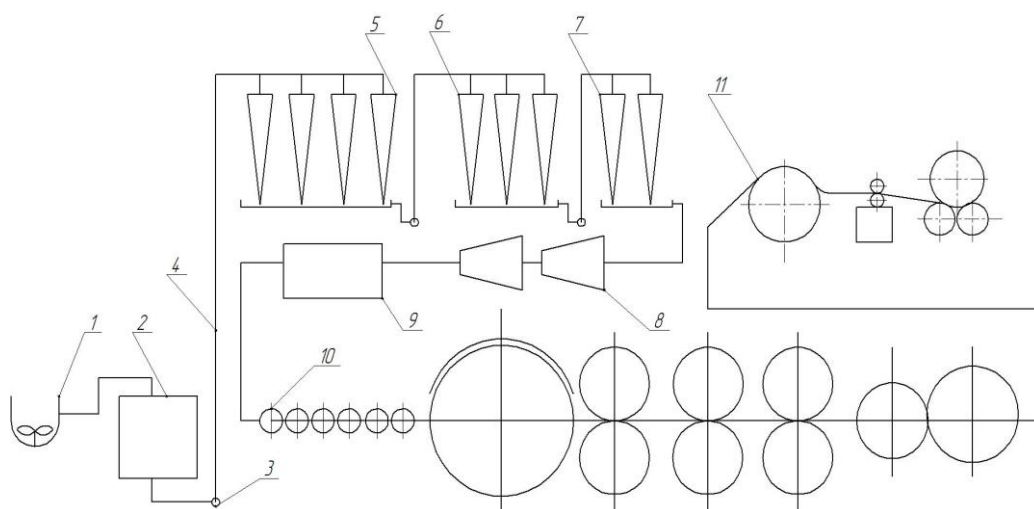
Верстат призначений для розмотування, поздовжнього розрізання рулону та формування декількох рулонів паперового полотна.

Верстати застосовують при виготовленні усіх видів паперу, картону та в переробленні паперової продукції. Це обов'язковий вид обладнання у виробництві.

1.1 Опис технологічного процесу

На Київському КБК експлуатується широко розповсюджена лінія виготовлення санітарно-гігієнічного паперу (рисунок 1.1). Вона складається з таких основних операцій: розмелювальна - підготовча, сортувальна - очищувальна, виготовлення паперового полотна на папероробній машині, закінчувальна та операція розрізання рулону на менші рулони або формати.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



- 1 – гідророзбивач; 2 – масний басейн; 3 – насоси;
 4 – трубопроводи;
 5 – батарея циклонів грубого очищення; 6,7 – батарея апаратів тонкого очищення; 8 – дискові млини; 9 – масний басейн; 10 – папероробна машина; 11 – паперорізальний верстат

Рисунок 1.1 - Схема виготовлення санітарно-гігієнічного паперу

Макулатура, целюлоза та наповнювачі, що входять в композицію паперу, надходять із складу в котел гідророзбивача разом з розбавочною водою. В гідророзбивачі проходить розділення на волокна та змішування компонентів. Маса з розмольного цеху потрапляє у систему очищення. Вона складається з батареї конусних циклонів для видалення грубих включень (пісок, залишки дроту, глини, важких домішок) і декількох ліній сортування. Відходи відводять і розмелюють на дискових млинах і повертають до композиції. Перед папероробною машиною масу згущують в масному басейні. Він також слугує як ємність для короткочасного накопичення маси. Готові напівфабрикати потрапляють до напірних ящиків ПРМ, а потім на сіткову частину, де проходить формування та інтенсивне водовідділення. Потім полотно проходить пресову та сушильну частини ПРМ каландрується і намотується на тамбурний вал. Готовий рулон знімають з машини та переміщують

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

16

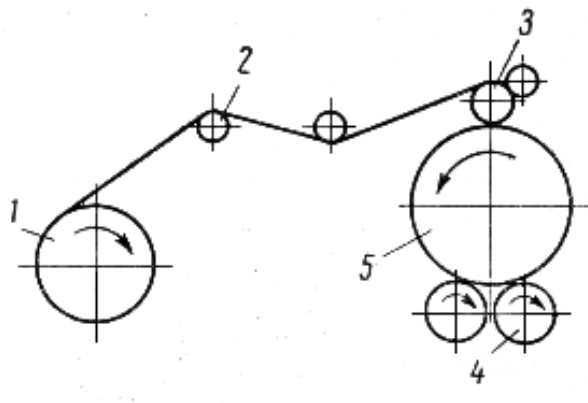
на паперорізальний верстат, де розрізають на рулони та обрізають кромки. Рулони потім розрізають на бобіни, упаковують і транспортують.

1.2 Вибір типу верстата та його місце в технологічній схемі

Паперорізальні верстати розрізняються між собою схемою заправки паперу, конструкцією ножового пристрою та деякими іншими конструктивними особливостями. Відомі верстати з верхньою та нижньою заправкою паперу на намотуваний рулон.

Верстати з верхньою заправкою мають кілька основних конструктивних рішень:

- а) з ножовим валом, одночасно є і притискним (рисунок 1.1);
- б) з ножовим валом і окремо встановленим притискним валом (рисунок 1.2);
- в) з окремо розташованими ножами і двома папероведучими валами до і після механізму поздовжнього різання (рисунок 1.3).



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон

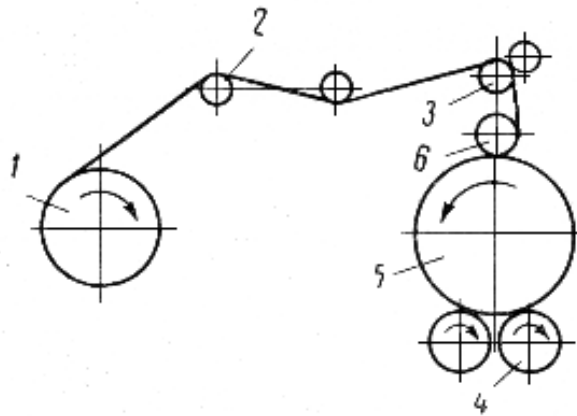
Рисунок 1.1 - Схема паперорізального верстата з верхньою заправкою з ножовим валом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

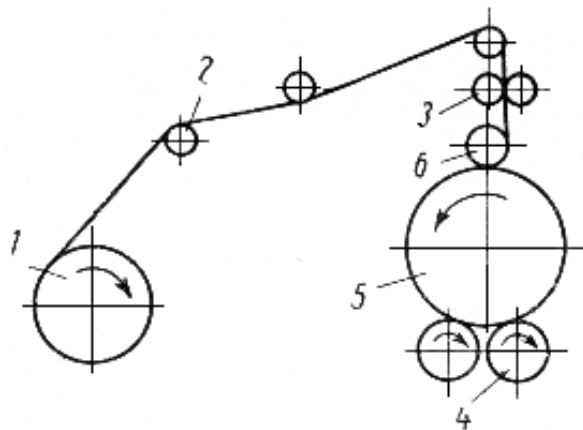
Арк.

17



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон; 6 - притискної вал

Рисунок 1.2 - Схема паперорізального верстата з верхньою заправкою з ножовим валом і окремо встановленим притискним валом



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон;
6 - притискний вал

Рисунок 1. 3 - Схема паперорізального верстата з верхньою заправкою між розташованими ножами і двома папероведучими валами до і після механізму подовжнього різання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

18

Верстати з нижньою заправкою мають багато конструктивних рішень. Найчастіше застосовуються такі схеми верстатів:

а) з заправкою між несучими валами і окремо розташованими ножами (рисунки 1.4);

б) з заправкою на передній несучий вал і з ножовим валом, розташований під несучим валом (рисунки 1.5);

в) з пневматичної заправкою і ножовим валом, розташованим попереду несучих валів (рисунки 1.6).

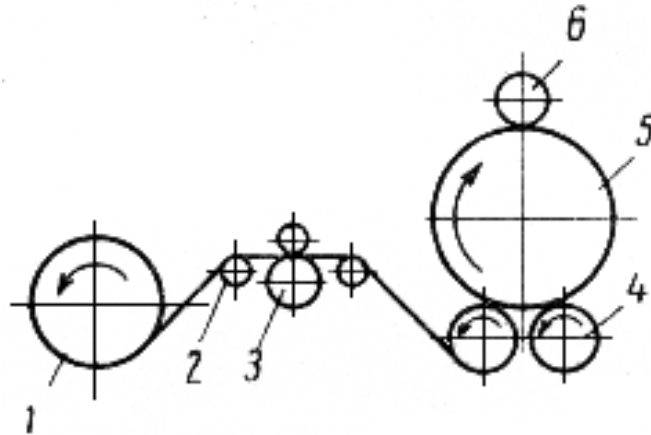
На верстатах з нижньою заправкою папір розмотуваного рулону заправляється знизу по папероведучим валикам, проходить через стаціонарно встановлений механізм подовжнього різання, огинає передній несучий вал або заправляється між несучими валами і намотується на намотувальний валик.

При виборі схеми верстата слід обов'язково враховувати умови безпеки роботи на ньому. До небезпечних для обслуговуючого персоналу ділянок, де можливе попадання руки між валами, на верстатах з верхньою заправкою відносяться: ділянка контакту притискного (ножового) валу з рулоном, де папір при обриві заправляють вручну, і ділянка контакту рулону з несучим валом з заднього боку верстата.

На верстатах з нижньою заправкою небезпечним є ділянка контакту рулону з переднім несучим валом. Тут, однак, можна встановити відкидну огорожу, при якій робота на таких верстатах менш небезпечна.

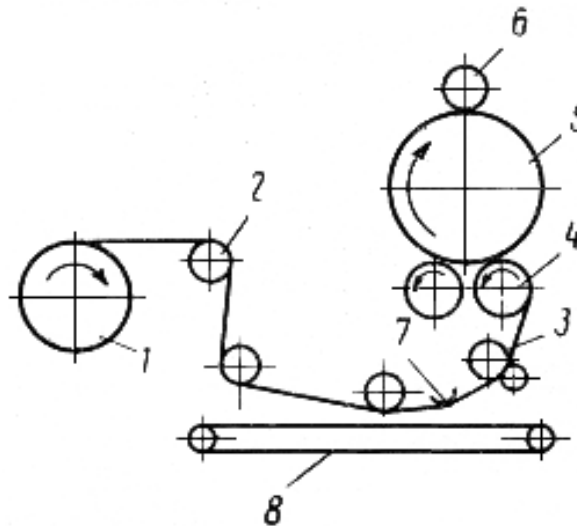
Найкращі умови безпеки забезпечені на верстаті з нижньою заправкою, за наявності повітряної заправки, що виключає ручну заправку паперу на несучі вали, небезпечна лише зона контакту рулону з верхнім притискним валом. Проте під час роботи верстата немає необхідності підправляти папір на цій ділянці.

Всі сучасні верстати виготовляються з нижньою заправкою, тому що за інших рівних умов стаціонарне розташування механізму подовжного різання забезпечує краще поділ розрізних рулонів.



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон; 6 – притискний вал

Рисунок 1.4 - Схема паперорізального верстата з нижньою заправкою між несучими валами і окремо розташованими ножами



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон; 6 – притискний вал; 7 - розправочна дуга; 8 - транспортер для заправки папери.

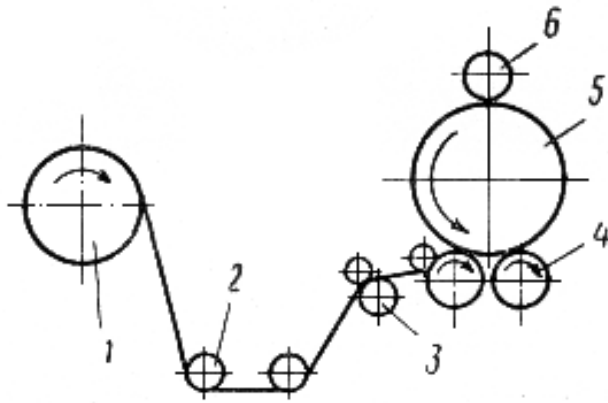
Рисунок 1.5 - Схема паперорізального верстата з нижньою заправкою на передній носіє вал і з ножовим валом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

20



1 - розмотуваний рулон; 2 - папероведучий вал; 3 - механізм поздовжнього різання; 4 - несучий вал; 5 - намотуваний рулон
6 – притискний вал.

Рисунок 1.6 - Схема паперорізального верстата з нижньою заправкою з пневматичної заправкою і ножовим валом

В даному дипломному проекті розглядається ПРВ з нижньою заправкою, такий же встановлений на ПАО "Київський картонно-паперовий комбінат

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

21

2. Технічна характеристика

Проектований паперорізальний верстат має такі основні характеристики:

Обрізна ширина намотуваного рулону, м (мм)	4.2 (4200)
Швидкість верстату, м/с (м/хв.)	20 (1200)
Питома маса паперу, г/м ²	37
Максимальний діаметр розмотуваного рулону, м (мм)	2.2 (2200)
Максимальний діаметр намотуваного рулону, м (мм)	1.5 (1500)
Діаметр намотуваної гільзи, м (мм)	
– внутрішній	0.07 (70)
– зовнішній, не менше	0.09 (90)
Натяг полотна при розмотуванні, кН/м	0.2-0.4
Габаритні розміри, м (мм)	
– довжина	16,64 (16640)
– ширина	11,475 (11475)
– висота	5,804 (5804)
Маса, кг	74000

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

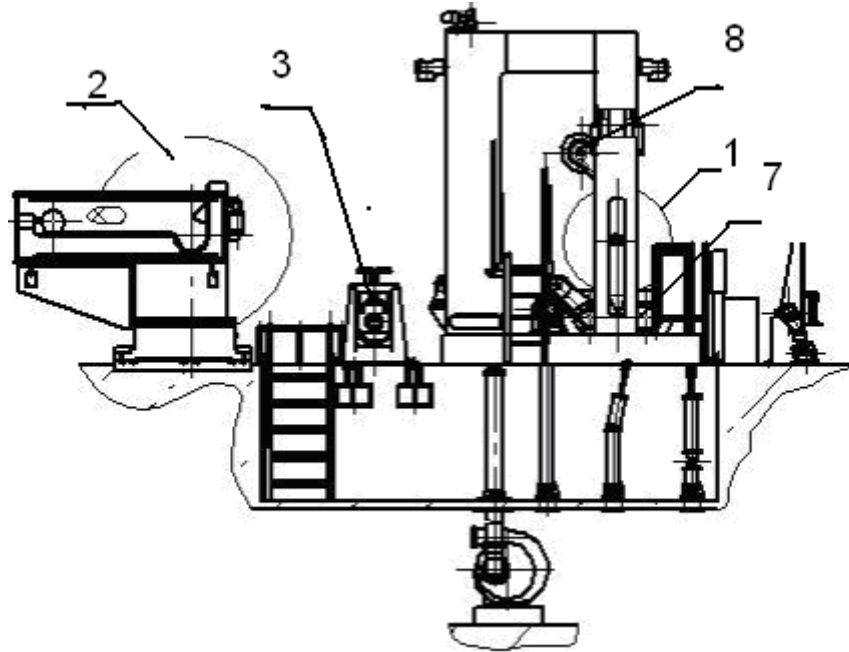
ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

22

3 Опис та обґрунтування обраної конструкції

Процес переробки рулону на паперорізальному верстаті (рисунок 3.1) складається з цілого ряду послідовних операцій. Верстат працює періодично, тобто для кожного нового рулону процес повторюється знову.



1 - рулон; 2 - розкат; 3 - папероведучий вал, 4 - направляючий апарат; 5 - верхні ножі; 6 - нижні ножі; 7 - несучий вал; 8 - притискний вал

Рисунок 3.1 – Паперорізальний верстат

Рулон паперу 1 після ПРМ встановлюється в стойках 2 розката. Корпуси підшипників тамбурного вала зажимають рычагами і під'єднують його до приводу розката муфтою. Полотно огинає папероведучий вал 3, проходить по направляючому апарата 4 між верхніми 5 та ножовим валом 6, огинає знизу несучий вал 7. При цьому вали працюють на рівні заправочної швидкості. Ножі перебувають в контакті, різання проходить по принципу ножиць.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

23

Для полегшення проводки передбачений транспортер. Після проводки полотна між несучими валами привод зупиняють, укладають гільзи. Необхідний лінійний тиск між рулоном і валами в початковий момент створює притискний вал 8, який виважується двома пневмоциліндрами. Після заправки піднімають огорожу, опускають притискний вал, вмикають верхні ножі і вентилятор-розривач. Верстат перемикають на робочу швидкість. При досягненні необхідного діаметра рулона привід автоматично гальмує. Після повної зупинки притискний вал піднімають, ножі вимикають, опускається огорожа і прийомний стол, готові рулони зіштовхуються.

Даний тип верстату має свої переваги: зручна нижня заправка полотна, система регулювання натягу полотна, автоматична система виважування притискного вала, вимикання приводу при обриві полотна.

3.1 Конструкція і принцип дії основних складальних одиниць та деталей

Верстат складається з розката, папероведучого вала, ножового вала, верхніх ножів, станини, вала накату, механізму виважування, притискного вала, приймального столу.

Станина є чавунною відливкою коробчатого перерізу, в якій закріплюють пневмоциліндр для вилегчування рулону. На ній закріплені дві напрямні, по яким рухається каретка безштангової намотки для затиснення гільз.

Вал притискний призначений для створення необхідного тиску між рулоном та несучими валами. Противага служить для вивішування притискного вала.

Вал розправочний призначений для розправлення паперового полотна перед несучими валами. Він є стрижнем постійної кривизни, на якому розташовано втулки з підшипниками. На підшипники монтуються циліндри, між якими вставлена гумова втулка, що з допомогою сталєвих штифтів з'єднує

циліндри. Прогин вала регулюється вручну за допомогою черв'ячного редуктора.

Вали несучі служать для підтримання рулона, який намотується, і надавання йому обертального руху. Вони є товстостінними оболонками, в які запресовано патрони. Вал збалансовано та змонтовано на роликових підшипниках.

Ножовий механізм складається з нижнього ножового вала, закріпленого на стійках та установки верхніх ножів. Вал набірний, тобто на основі, в яку запресовуються патрони і цапфи, закріплені ножові та проміжні кільця. Обертний момент передається через муфту від електродвигуна 4АН180М2УЗ. Установка верхніх ножів складається з балки, на якій закріплено до 11 ножових головок. На балці розміщені труби для подачі до них стисненого повітря, причому до середніх ножів підведено одну трубу, а до крайніх іншу. Це надає можливість під час заправки виводити з роботи середні ножі, залишаючи крайні в робочому положенні. Ножові головки складаються з двох пневмоциліндрів з одним штуцером для підводу повітря. При його подачі ніж спочатку опускається вниз, а потім притискається до нижнього ножа. При вимиканні подачі ніж спочатку відходить від нижнього ножа, а потім піднімається вгору. Ножова головка має пристрій для розвороту відносно нижнього вала та створення кута різання.

Вал папероведучий представляє собою стальну трубку в яку запресовано патрони та цапфи і змонтований на сферичних роликових підшипниках. Він призначений для розправлення паперового полотна перед подачею його в механізм розрізання.

По прийомному столу проходить скатування розрізаних рулонів. При установці гільз та заправці полотна ричаги піднімаються і стіл відкидається.

3.2 Вибір матеріалів

Матеріали необхідно обирати у відповідності до специфіки експлуатації, враховуючи при цьому можливі зміни вихідних фізико-хімічних властивостей від дії робочого середовища, температури та хіміко-технологічних процесів, що протікають.

При виборі матеріалу необхідно враховувати наступне: механічні властивості матеріалу – межа міцності, відносне подовження, твердість. Добра зварюваність металів також є однією з необхідних умов їх застосування.

Основними вузлами ножового валу є труба ніж, цапфа, патрон, підшипники, труба валу. Матеріал для виготовлення цапф повинен мати високі механічні властивості у великих перерізах. Тому обираємо сталь конструкційну леговану марки 40Х ГОСТ 4543-71. Вона придатна для термічної та хіміко-термічної обробки, що забезпечує досить високі показники механічних властивостей.

Дискові ножі виготовляють із хромонікелевої сталі 1Х21Н5Т ГОСТ5632-85, границя міцності якої становить 420 – 520 МПа, границя текучості 180 – 200 МПа. Ця сталь характеризується підвищеною міцністю. Поріг холодоламкості сталі лежить нижче 173 К, також вона показує високу стійкість до міжкристалічної корозії, високий опір корозійному розтріскуванню.

Для виготовлення труб валів папероведучого, тамбурного, ножового, притискного, несучого обираємо сталь Ст 45 ГОСТ 1050-85, яка піддається закалці.

Копрус підшипника виготовляємо із сірого чавуну СЧ 15.Із такого ж матеріалу виготовляємо і патрон ножового валу.

3.3 Патентні дослідження

3.3.1 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Порівняння основних показників поздовжньо-різального верстату з аналогами наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика ПРВ

Характеристика верстатів	Верстати марки		Проектний ПРВ
	C5-04	C5-10	
Робоча ширина, мм	2500	4200	4200
Робоча швидкість, м/хв	200-1000	300-1200	1200
Заправочна швидкість, м/хв	15	25	20
Максимальний діаметр рулону, мм			
- намотуваного	1200	1200-1500	1500
- розмотуваного	1500	2000	2200
Діаметр гільзи, мм	70	70	70
Гальмівний пристрій розмотуваного рулону	механічний	Гальмівний генератор	механічний
Межа лінійного натяжіння, $\epsilon \ddot{I} \grave{a}$	15-40	10-40	10-40
Метод різання	По принципу ножиць		
Механізм зштовхування та опускання рулонів	Пневматичний		
Привод:			
- кількість двигунів, шт	1	1	1
- потужністю, кВт	42	125	125

У проєкті розробляється конструкція паперорізального верстата для розрізання рулонів санітарно-гігієнічного паперу.

Проектований верстат складається з розката, папероведучого вала, механізму виважування рулона, несучих валів, прийомного стола.

Рулон паперу, намотаний на папероробній машині на тамбурний вал, встановлюють в спеціальний паз в розкаті. Полотно огинає папероведучий вал 3, проходить по направляючому апарату 4 між верхніми 5 та нижніми ножами 6, огинає знизу несучий вал 7.

При цьому вали працюють на рівні заправочної швидкості. Ножі перебувають в контакті, різання відбувається за принципом ножниць. Для полегшення проводки передбачений транспортер. Після проводки полотна між несучими валами привід зупиняють, укладають гільзи. Необхідний лінійний тиск між рулоном і валами в початковий момент створює притискний вал 8, який виважується двома пневмоциліндрами. Після заправки піднімають огорожу, опускають притискний вал, вмикають верхні ножі і вентилятор-розривач. Верстат перемикають на робочу швидкість. При досягненні необхідного діаметра рулону привід автоматично гальмує. Після повної зупинки притискний вал піднімають, ножі вимикають, опускають огорожу і приймальний стіл, готові рулони зіштовхують.

3.4 Результати патентного пошуку

Метою патентного пошуку, результати якого наведено в додатку А, було визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Предметом пошуку було встановлено:

- 1) паперорізальний верстат;
- 2) пристрій для розрізання паперу й картону (ПРВ);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

28

Суттєвими ознаками паперорізального верстата є: пристрій для подавання паперу (картону); ножі; пристрій для намотування рулонів.

Суттєвими ознаками пристрою для розрізання паперу й картону є: пристрій для подавання паперу (картону); ножі; пристрій для намотування рулонів.

Для більш докладного аналізу було обрано п'ять запатентованих конструкцій пристроїв для розрізання паперу та картону [1-5]

Усі відомості по патентах та джерела пошуку наведені у Додатку В.

У патенті [1] представлений автоматичний агрегат для розрізування рулонного паперу. Метою винаходу є підвищення продуктивності і надійності конструкції. Поставлена мета досягається оснащенням механізмом подачі паперу, механізмом різання і механізмом знімання рулончиків. На раму кріпиться механізм подачі паперу, котрий включає в себе електродвигун, вузол гальмування, вал, який компенсує натяг паперу і вал, який міняє напрям подавання паперу. Агрегат відрізняється тим, що з метою підвищення якості різання і зниження витрат праці, він має пристрій для знімання розрізаних рулонів; механізм подачі також оснащений ведучим валом; притискний і прийомний вал мають можливість автоматичного змикання і розмикання з ножами; прийомний вал має установлені по його довжині бакелітові втулки. По краю втулки виконано паз для входу ножів валу, а також механізм зштовхування має направляючі штоки і установлені на них штовхаючу втулку.

У патенті [2] представлений пристрій для розрізання картону, який складається з рулонотримача, подаючих валків, механізми поздовжнього та поперечного розрізання, включаючи також закріплений в каретці дисковий ніж з можливістю зворотно-поступального руху. Економічний ефект досягається розробленням і компонуванням складових частин данної установки. При застосуванні дискових ножів немає холостої роботи пристрою. Можна застосовувати для розрізання плівки, паперу та іншого рулонного матеріалу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

29

У патенті [3] представлено пристрій для різання паперу з клейовим складом, різання не дисковим ножом, конструкція не компактна, не дотримана точність розрізу, конструкція не забезпечує автоматичного процесу. Пристрій що має фотоелемент, що керує всіма валиками та регуляторами. Економічний ефект досягається пристроєм з фотоелементом, який керує процесом подачі і намотування паперу.

У патенті [4] представлена паперорізальна машина. Задачею патенту є покращення умов експлуатації та збільшення продуктивності установки та скорочення часу установи рулона. Саме тому ця установка оснащена змонтованими на станині тримачами рулонів, механізмом розмотки, механізмом намотування з поворотним елементом, механізмом розкрою і привод, станина виконана в вигляді плоскої поверхні з вирізом для розміщення рулона.

У патенті [5] представлено автоматичний агрегат для розрізання рулонного паперу. Він складається з установленого на рамі механізму подачі паперу, вал-рулонотримач, опорний вал, механізм розрізання, механізм знімання рулонів. Ефективність досягається механічним встановленням і зніманням рулонів, якісним розрізанням та намотуванням паперу.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) Розроблювана конструкція верстата задовольняє сучасним вимогам, що висуваються до таких агрегатів і відповідає світовому рівню техніки;

2) у розроблюваному пристрої не використано суттєвих ознак, якими вирізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного пристрою є використовуваними на практиці. Це дозволяє припустити, що модернізація не потребуватиме придбання ліцензій на випуск нової продукції;

3) провідними державами у галузі папероробного виробництва є: США, Фінляндія, Німеччина, Японія, Україна й Російська Федерація. При цьому запатентовані винаходи й корисні моделі стосуються як пресової частини ПРВ в цілому, так і її окремих вузлів;

4) аналіз патентів дає змогу зробити висновок, що в галузі розрізання полотна основні розробки спрямовані на патентування нових конструкцій ножових валів, використання вакууму, найчастіше не універсальних, а спеціальних.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції

4.1 Технологічний розрахунок верстата

Метою розрахунку є визначення таких характеристик паперорізального верстата:

- продуктивність верстата Q , кг/год;
- коефіцієнт використання робочого часу η ;
- допоміжного часу T_d , хв;
- критичну швидкість розмотування рулона $V_{кр}$, м/с;
- тривалість намотування рулона τ_H , с.

Вихідні дані до розрахунку:

- | | |
|---|--------|
| - обрізна ширина паперу B , мм | 4200; |
| - швидкість машини V , м/хв | 1200; |
| - заправочна швидкість V_3 , м/хв | 25; |
| - маса 1 м^2 паперу q , г/м ² | 37; |
| - діаметр рулону що намотується D_p , м | 1; |
| - час гальмування τ , с | 5; |
| - вага рулону G_p , Н | 30562; |
| - робочий час T_p , с | 600. |

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною в [6].

Продуктивність верстата

$$Q = 0,06BVq\eta = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 1200 \cdot 37 \cdot 0,63 = 6713,3 \text{ кг/год.}$$

Коефіцієнт використання робочого часу паперорізального верстата, розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{T_d}{T_p}} = \frac{1}{1 + \frac{5,9}{10}} = 0,63.$$

Допоміжний час:

$$T_d = T_{\text{вст}} + (T_{\text{зпр}} + T_{\text{скл}} + T_{\text{роз}} + T_{\text{г}})i + T_3 = 2,5 + (1,1 + 5 + 1,4 + 0,08) \cdot \frac{1}{3} + 0,9 = 5,9 \text{ хв},$$

де $T_{\text{вст}} = 2,5$ хв - час для встановлення рулону;

$T_{\text{зпр}} = 1,1$ хв - час для заправки полотна;

$T_{\text{роз}} = 1,4$ хв - час для розгону;

$T_{\text{г}} = 5$ с - час гальмування;

$T_{\text{скл}} = 5$ хв - час склейок полотна;

$T_3 = 0,9$ хв. - час зйому рулону;

$i = 0,33$ - кількість склеювань.

Критична швидкість розмотування паперу [8]:

$$V = \sqrt{(L_p - L_H)g} = \sqrt{(2500 - 2000) \cdot 9,81} = 70 \text{ м/с},$$

де $L_p = 2,5$ м - розривна довжина паперу;

$$L_H = \frac{200}{1000 \cdot 0,0001} = 2000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} - \text{розривна довжина при натягу паперу};$$

Робоча швидкість розмотування паперу за емпіричною формулою [8]:

$$V_p = \sqrt{L_p - L_H} = \sqrt{2500 - 2000} = 22,36 \text{ м/с}.$$

Приймаємо $V_p = 20 \text{ м/с} = 1200 \text{ м/хв}.$

Час намотування рулону:

$$\tau_H = \frac{\pi(D_p^2 - d_{\Gamma}^2)}{4\delta V_p} = \frac{3,14(1^2 - 0,09^2)}{4 \cdot 0,0004 \cdot 1200} = 1,6 \text{ хв},$$

де $d_{\Gamma} = 0,09$ м - діаметр гільзи;

$V_p = 1200 \text{ м/хв}$ - швидкість верстату;

$\delta = 0,0004$ м - товщина паперу;

Висновок: тривалість намотування рулону становить 1,6 хв, продуктивність верстата становить 6713,3 кг/год, критична швидкість розмотування паперу 70 м/с; робоча швидкість 20 м/с.

4.2 Розрахунок сил притискання вала при намотуванні рулону

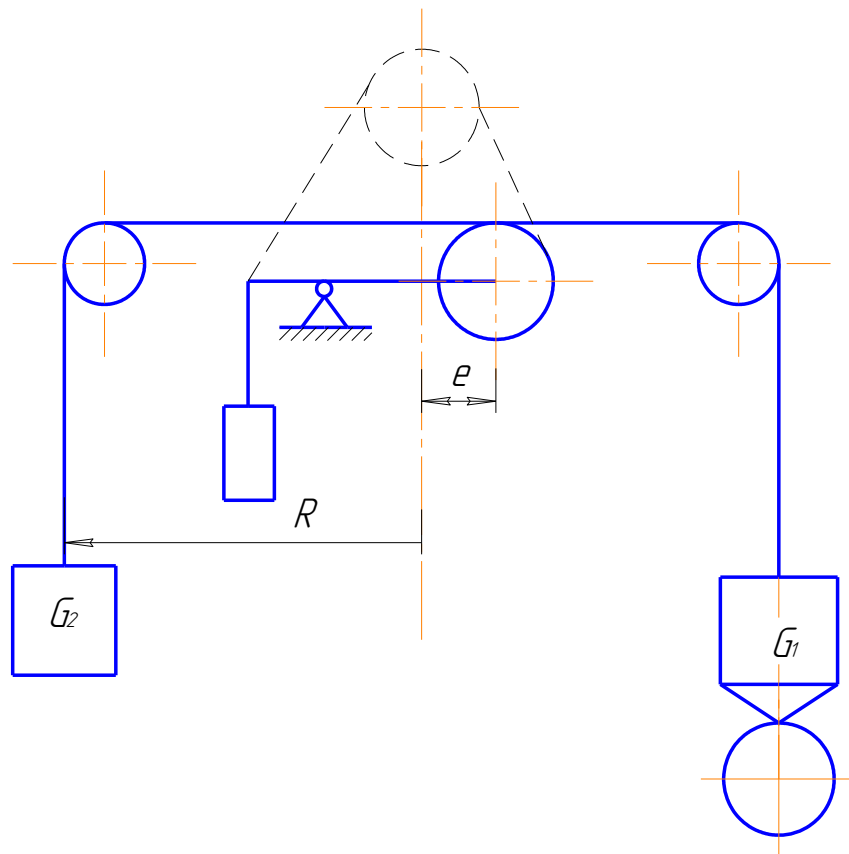


Рисунок 4.1 – Схема системи виважування притискного вала

Мета: розрахувати сили притискання та виважування рулону для забезпечення необхідного лінійного тиску в період намотування.

Вихідні дані до розрахунку:

Довжина вала, l , м	3
Лінійний тиск, q_n , кН/м	4,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

34

Вильот виваження, R , м

0,9;

Відстань між осями, e , м

0,3.

Розрахунок ведемо за методикою, наведеної в [6].

Тиск, який необхідно створювати притискним валом:

$$G_2 = q_{\text{л}} l = 3 \cdot 4,8 = 14400 \text{ Н},$$

Максимальна сила виважування:

$$G_1(R - e) = G_2(R + e);$$

$$G_1 = \frac{G_2(R + e)}{(R - e)} = \frac{14400 \cdot (900 + 300)}{(900 - 300)} = 28800 \text{ Н}.$$

Мінімальна сила виважування:

$$G_1(R + e) = G_2(R - e);$$

$$G_1 = \frac{G_2(R - e)}{(R + e)} = \frac{14400 \cdot (900 - 300)}{(900 + 300)} = 7200 \text{ Н}.$$

Кут притискання рулону до несучих валів в початковий момент часу (рисунки 4.2):

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{m + r}{D_{\text{п}} + r} = \frac{0,01 + 0,295}{0,05 + 0,295} = 66^\circ;$$

Кут притискання рулону до несучих валів в кінцевий момент часу (рисунки 4.3):

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{m + r}{D_{\text{рк}} + r} = \frac{0,01 + 0,295}{0,5 + 0,295} = 23^\circ.$$

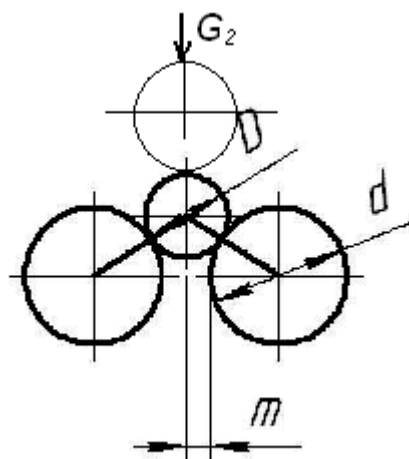


Рисунок 4.2 - Схема намотування в початковий момент часу

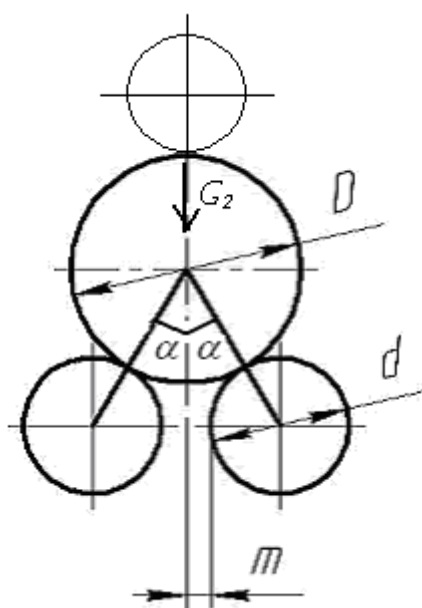


Рисунок 4.3 – Схема намотування в кінцевий момент часу

Висновок: максимальна сила притискання дорівнює 28800 Н, і мінімальна – 7200 Н відповідно.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.3 Розрахунок потужності верстата

Мета: розрахувати тягові зусилля, що виникають у основних вузлах верстату та потужність електродвигунів несучих валів.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеної в [7].

Тягове зусилля, яке необхідне для подолання тертя в підшипниках кочення тамбурного вала:

$$T_1 = \mu G_T \frac{d_{\text{ц}}}{D_p} = 0,02 \cdot 105255 \frac{0,18}{2,2} = 172 \text{ Н},$$

де $\mu = 0,02$ - коефіцієнт тертя;

$d_{\text{ц}} = 180$ мм - діаметр цапфи;

G_T - сила тяжіння рулону з тамбурним валом;

$G_1 = 13000$ Н - сила тяжіння тамбурного валу;

G_2 - сила тяжіння рулону, діаметр якого дорівнює $D_p = 2200$ мм.

Знайдемо силу тяжіння рулону:

$$G_2 = \frac{\pi}{4} B \gamma (D_p^2 - d_T^2) = \frac{3,14}{4} \cdot 4,2 \cdot 600 \cdot (2,2^2 - 0,42^2) \cdot 10 = 92255 \text{ Н},$$

де $B = 4200$ мм - обрізна ширина полотна;

$\rho = 600$ кг/м³ - густина паперу;

$d_T = 420$ мм - діаметр тамбурного валу.

$$G_T = G_1 + G_2 = 13000 + 92255 = 105255 \text{ Н};$$

Тягове зусилля, яке необхідне для обертання папероведучого валу:

$$T_2 = \mu G_{\text{б.в}} \frac{d_{\text{ц2}}}{D_{\text{б.в}}} = 0,02 \cdot 8000 \frac{0,06}{0,47} = 20,4 \text{ Н};$$

де $G_{\text{б.в}} = 8000$ Н - сила тяжіння папероведучого вала;

$d_{\text{ц2}} = 60$ мм - діаметр цапфи папероведучого вала;

$D_{\text{б.в}} = 470$ мм діаметр папероведучого вала.

Тягове зусилля, яке необхідне для подолання тертя в підшипниках 2-х несучих валів:

$$T_3 = \mu Q_c \frac{d_{ц3}}{D_{н.в}} = 0,02 \cdot 116000 \frac{0,12}{0,59} = 472 \text{ Н};$$

де $Q_c = 116 \text{ кН}$ - сумарна сила, яка діє на несучий вал ;

$d_{ц3} = 0,12 \text{ м}$ - діаметр цапфи несучого валу;

$D_{н.в} = 0,59 \text{ м}$ - діаметр несучого валу;

$$2T_3 = 2 \cdot 472 = 944 \text{ Н}.$$

Тягове зусилля, яке необхідне для подолання тертя між рулоном і несучими валами:

$$T_4 = 2 \left[2fQ_{ц} \left(\frac{1}{D_{н.в}} + \frac{1}{D_p} \right) \right] = 2 \cdot \left[2 \cdot 0,2 \cdot 22500 \cdot \left(\frac{1}{0,59} + \frac{1}{0,18} \right) \right] = 907,2 \text{ Н},$$

де $f = 0,02$ - коефіцієнт тертя кочення

$D_p = 180 \text{ мм}$ найменший діаметр рулону.

$Q_{ц} = 22500 \text{ Н}$ – сила, яка діє на несучий вал.

Оскільки тиск між рулоном і несучими валами повинен залишатися постійним, найбільше значення тягового зусилля буде при найменшому діаметрі рулона.

Тягове зусилля, яке необхідне для подолання опору різанню паперу, коли є 11 пар ножів:

$$T_5 = 11P = 11 \cdot 3 = 33 \text{ Н},$$

де $P = 3 \text{ Н}$ - зусилля різання одного ножа.

Тягове зусилля, яке необхідне для подолання тертя в підшипниках штангового намотування під тиском притискного валу:

$$T_6 = \mu Q_{п} \frac{d_{ц4}}{D_r} = 0,02 \cdot 29600 \cdot \frac{0,03}{0,09} = 197,3 \text{ Н},$$

де $d_{ц4} = 30$ мм - діаметр цапфи вала;

$D_r = 90$ мм - діаметр гільзи;

$Q_{II} = 29600$ Н - сила тяжіння притискного валу.

Загальне тягове зусилля для подолання витрат на тертя у верстаті:

$$\sum T_T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 = 172 + 20,4 + 472 + 907,2 + 33 + 197,3 = 1801,9 \text{ Н};$$

Тягове зусилля від натягу полотна:

$$T_H = q_H B = 0,2 \cdot 10^3 \cdot 4,2 = 840 \text{ Н};$$

де $q_H = 0,2 \dots 0,4$ кН/м - лінійний тиск [7]

Сумарне тягове зусилля:

$$T' = \sum T_T + T_H = 1801,9 + 840 = 2641,9 \text{ Н};$$

Так як для кожного несучого валу встановлен свій двигун, то для розрахунку потужності двигуна беремо половину тягового зусилля:

$$T = \frac{T'}{2} = \frac{2641,9}{2} = 1320,95 \text{ Н};$$

Потужність приводу при швидкості $V_{\max} = 1220$ м/хв:

$$N = \frac{TV_{\max}}{60 \cdot 1000 \eta} = \frac{1320,95 \cdot 1220}{60 \cdot 1000 \cdot 0,93} = 28,9 \text{ кВт};$$

де $\eta = 0,93$ - КПД редуктора.

Обираємо електродвигун постійного току 2ПН225М потужністю $N=30$ кВт; $n=1500$ об/хв.

Висновок: потужність двигунів, встановлених на несучих валах накату, становить 28,9 кВт, отже обираємо електродвигун постійного току 2ПН225М потужністю 30кВт, частота обертання 1500 хв^{-1} .

4.4 Розрахунок прогину ножового вала

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

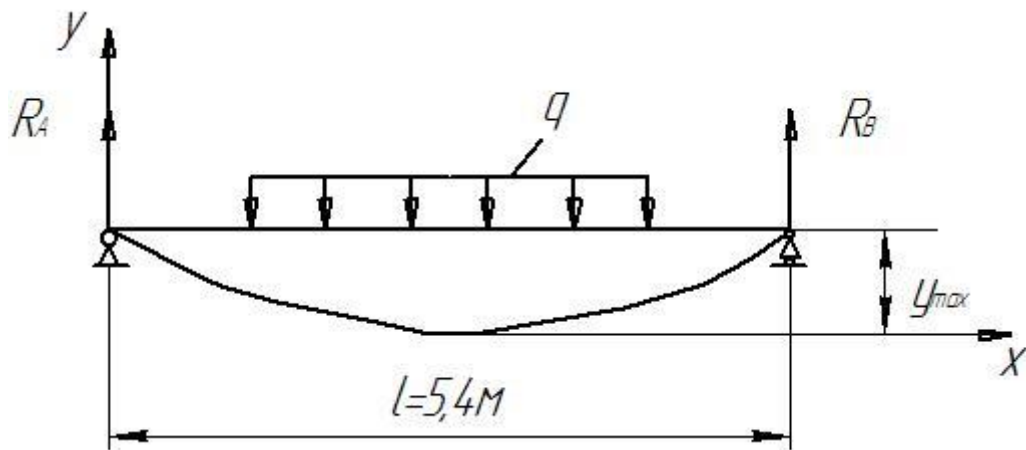


Рисунок 4.4 – Схема систем сил, що діють на ножовий вал

Мета: розрахувати прогин вала та границю витривалості оболонки вала та підібрати підшипники за вантажопідємністю.

Вихідні дані

- довжина робочої частини вала l , м 4,35;
- відстань між центрами підшипників L , м 4,86;
- зовнішній діаметр вала D , м 0,31;
- вага рулона G , Н 27300;

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [8].

Максимальний згинаючий момент:

$$Q = G = 27300 \text{ Н};$$

$$M_u = \frac{Q_n}{4} \left(L - \frac{l}{2} \right) = \frac{27300}{4} \left(4,86 - \frac{4,35}{2} \right) = 18325,1 \text{ Н/м};$$

Напруження прогину оболонки вала:

$$\sigma_{u1-1} = \frac{M_u}{W_1} = \frac{18325,1}{1,67 \cdot 10^{-3}} = 10,97 \text{ МПа};$$

$$W_1 = \frac{2I}{D_1} = \frac{2 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3}}{0,31} = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D_1^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (0,31^4 - 0,25^4) = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

Границя витривалості оболонки вала:

$$[\sigma_{-1}]_o = \frac{\sigma_{-1}}{[\kappa_\sigma]_o} = \frac{50 \cdot 10^7}{2,87} = 17,42 \cdot 10^7 \text{ Па};$$

$$[\kappa_\sigma]_o = \frac{\kappa_\sigma + \kappa_\sigma'' - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,5 + 1,05 - 1}{0,54} = 2,87;$$

Прогин валу під дією власної ваги:

$$f_{\text{ст}} = \frac{5GL^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 27300 \cdot 4,35^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,00026} = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Розрахунок довговічності підшипників

Підбираємо для такого навантаження підшипники 1611 ГОСТ 5720-75; $C = 58600 \text{ Н}$; та перевіряємо за динамічною вантажопідйомністю ресурс сферичних двохрядних роликових підшипників прийнятих для опор вала.

Дані для розрахунку:

- частота обертання вала $n = 382 \text{ об/хв}$;
- короткочасні перевантаження досягають 100 % ($K_\sigma = 1$);
- експлуатаційна робота підшипників $t < 100^\circ \text{C}$ ($K_T = 1,05$);
- коефіцієнт обертання $K_\kappa = 1$;
- оптимальний ресурс підшипників $L_1 = 1000000 \text{ год}$.

Навантаження які діють на підшипник:

$$Q = G = 27300 \text{ Н};$$

Приведене навантаження на один підшипник:

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$Q = \frac{Q}{2}(X + 0,1Y)K_T K_\sigma = \frac{27300}{2} 0,22 \cdot 1 \cdot 1 = 4504,5 \text{ Н};$$

де $X=1$ – коефіцієнт радіального навантаження

$Y=0$ – коефіцієнт осьового навантаження

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q} \right)^{10/3} = \left(\frac{58600}{16653} \right)^{10/3} = 5178 \text{ млн. об};$$

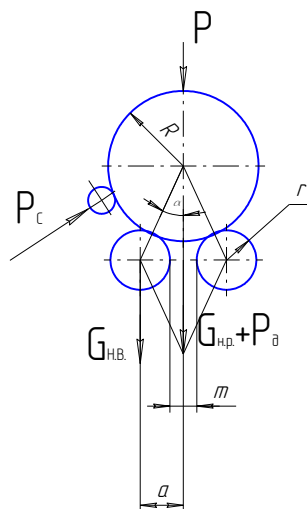
Довговічність в годинах:

$$L = \frac{L^0 \cdot L_1}{60 \cdot n_p} = \frac{5178 \cdot 10^6}{60 \cdot 382} = 0,22 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

За даних параметрів вала обираємо під опору два однакових підшипників кочення роликових дворядних сферичних середньої серії 1611 ГОСТ 5720-75.

Висновок: статичний прогин валу рівний $5,8 \cdot 10^{-5}$ м, що задовольняє умовам міцності, підібрані роликові двохрядні сферичні підшипники середньої серії 1611 ГОСТ 5720-75, $d = 55\text{мм}$, $D = 120\text{мм}$, $B = 42\text{мм}$.

4.4 Розрахунок прогину несучих валів



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

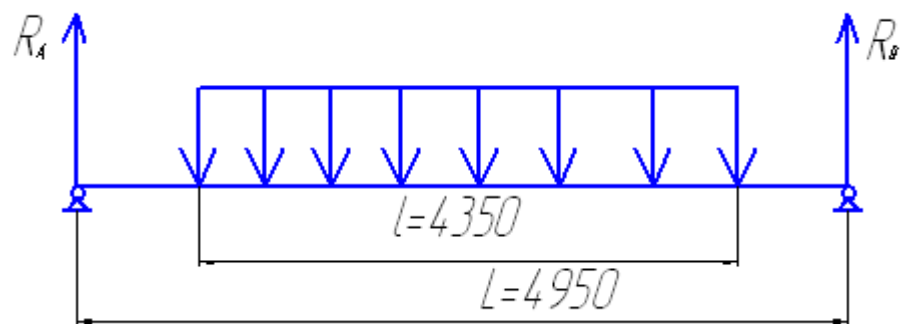


Рисунок 4.5 – Схема систем сил, що діють на несучі вали

Мета: Визначити, чи виконуються умови міцності за заданих параметрах вала, підібрати підшипники за вантажопідйомністю.

Вихідні дані:

- довжина робочої частини вала b , мм	4350;
- відстань між центрами підшипників L , мм	4950;
- зовнішній діаметр вала D , мм	525;
- матеріал оболонки вала	сталь 40;
- густина паперу, γ , кг/м ²	600;
- ексцентриситет, e , м	0,003;
- довжина труби, B_t , мм	4350;
- товщина стінки, σ , мм	20
- діаметр труби, D_H , мм	590

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [8].

Притискна сила:

$$Q = (G + P_d) \cdot \cos \alpha = (30000 + 13803) \cdot 0,978 = 42839,3 \text{ Н},$$

де P_d - динамічне навантаження від ексцентриситету рулона;

Максимальний згинаючий момент:

$$Q_H = Q + G = 42839,3 + 30000 = 72839,3 \text{ Н};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$M_u = \frac{Q_H}{4} \left(L - \frac{l}{2} \right) = \frac{72839,3}{4} \left(5,710 - \frac{4,35}{2} \right) = 64371,6 \text{ Н/м};$$

Напруження прогину оболонки вала:

$$\sigma_{u1-1} = \frac{M_u}{W_1} = \frac{64371,6}{0,0092} = 6,9 \text{ МПа};$$

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D_1} = \frac{2 \cdot 0,0024}{0,525} = 0,0092 \text{ м}^3;$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D_T^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (0,59^4 - 0,55^4) = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

Границя витривалості оболонки валу:

$$[\sigma_{-1}]_o = \frac{\sigma_{-1}}{[\kappa_\sigma]_o} = \frac{50 \cdot 10^7}{2,87} = 17,42 \cdot 10^7 \text{ Па};$$

$$[\kappa_\sigma]_o = \frac{\kappa_\sigma + \kappa_\sigma^n - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,5 + 1,05 - 1}{0,54} = 2,87;$$

Реакція опори:

$$R = \frac{Q_H}{2} = \frac{72839,3}{2} = 36419,65 \text{ Н/м};$$

Розрахунок динамічного навантаження від ексцентриситету рулона:

$$P_d = \frac{G_{HP}}{g} e \omega^2 = \frac{30250}{10} \cdot 0,003 \cdot 39^2 = 13803 \text{ Н};$$

Сила тяжіння рулону при намотуванні:

$$G_{HP} = \frac{\pi}{4} B \gamma (D_p^2 - d_\Gamma^2) = \frac{\pi}{4} \cdot 4,20 \cdot 600 \cdot (1^2 - 0,09^2) \cdot 10 = 30250 \text{ Н};$$

Кутова швидкість рулона:

$$\omega = \frac{\pi n_p}{30} = \frac{3,14 \cdot 382}{30} = 39 \text{ м/с}^2;$$

де n_p - частота обертання рулону:

$$n_p = \frac{V}{\pi D_p} = \frac{1200}{3,14 \cdot 1} = 382 \text{ об/хв};$$

Сумарна сила, що діє на вал:

$$Q_c = G_{н.в} + \frac{Q + G_{н.р} + P_d}{2 \sin \alpha} = 13000 + \frac{3 \cdot 10^3 + 30250 + 13803}{2 \cdot 0,349} = 80,4 \text{ кН};$$

Сила тяжіння труби несучого валу:

$$G_{н.в.} = 0,0246 B_1 \delta (D_n - \delta) \cdot g = 0,0246 \cdot 4,35 \cdot 20 \cdot (590 - 20) \cdot 10 = 13000 \text{ Н.}$$

де, $Q_c = 80,4$ кН - сумарна сила, що діє на вал;

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па} - \text{модуль пружності для сталі};$$

$$I = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4 - \text{момент інерції валу};$$

$$l = 4,65 \text{ м} - \text{відстань між серединами підшипників};$$

$$B = 4,25 \text{ м} - \text{довжина робочої частини валу};$$

Динамічний прогин вала:

$$f = \frac{Q_c B_1^2 (12l - 7B_1)}{384EI} = \frac{80411,1 \cdot 4,25^2 \cdot (12 \cdot 4,65 - 7 \cdot 4,25)}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3}} = 0,000019 \text{ м};$$

$$[f] = \frac{1}{10000} \div \frac{1}{12000} = 0,00008;$$

$$[f] \geq f;$$

$$0,00008 \geq 0,000019.$$

Прогин вала під дією власної ваги:

$$f_{ст} = \frac{5GL^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 30000 \cdot 5,71^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

Критична частота обертання вала:

$$n_{кр} = \frac{300}{\sqrt{f_{ст}}} = \frac{300}{\sqrt{2,4 \cdot 10^{-5}}} = 61237,2 \text{ об/хв}$$

Відношення робочої швидкості вала до критичної:

$$K_o = \frac{n_p}{n_{кр}} = \frac{382}{61237,2} = 0,0062,$$

де n_p - робоча частота обертання валу, об/хв;

$n_{кр}$ - критична частота обертання валу, об/хв.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_0 \leq [K_0],$$

де K_0 - відношення критичної частоти обертання вала до робочої;

$[K_0] = 0,6$ – допустиме мінімальне відношення критичної частоти обертання вала до робочої.
[8]

В даному випадку маємо:

$$0,0062 < 0,6,$$

тобто умова відсутності резонансу виконується.

Розрахунок довговічності підшипників

Підбираємо для такого навантаження підшипники 3524 ГОСТ 5721-75; $C=415000$ Н; та перевіряємо за динамічною вантажопідйомністю ресурс сферичних двохрядних роликових підшипників прийнятих для опор вала.

Дані для розрахунку: частота обертання вала $n=1200$ об/хв; коротко-часні перевантаження досягають 120 % ($K_\sigma=1,5$); експлуатаційна робота підшипників $t < 100^0 C$ ($K_T=1,05$); коефіцієнт обертання $K_K=1$; бажаний ресурс підшипників 1000000 год.

Навантаження, які діють на підшипник:

$$Q = G + Q \cos 11^0 = 30000 + 31948 \cdot 0,981 = 61361 \text{ Н.}$$

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q = \frac{Q}{2} (X + 0,1Y) K_T \cdot K_\sigma = \frac{61361}{2} (1 + 0,1 \cdot 2,2) 1,05 \cdot 1,5 = 10630,7 \text{ Н,}$$

де $X=1$ – коефіцієнт радіального навантаження;

$Y=2,2$ – коефіцієнт осьового навантаження;

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q} \right)^{10/3} = \left(\frac{415000}{10630,7} \right)^{10/3} = 201568,9 \text{ млн.об ;}$$

Довговічність в годинах:

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$L = \frac{L^0 \cdot 10^6}{60 \cdot n_p} = \frac{201568,9 \cdot 10^6}{60 \cdot 382} = 2,79 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

За даних параметрів вала обираємо під опору два однакові підшипники кочення роликових дворядних сферичних легкої серії 3524 ГОСТ 5721-75.

Висновок: в результаті цього розрахунку встановлено, що відношення обертання вала $K_0=0,0062$ не перевищує допустимого, тобто не призведе до появи резонансу і руйнації валу. Вибрано підшипники кочення роликових дворядних сферичних легкої серії 3524 ГОСТ 5721-75, у яких $d=120$ мм ; $D=215$ мм; $B=58$ мм

4.5 Розрахунок моменту тормозного генератора в період розгону

Мета: розрахувати момент тормозного генератора M_2 для забезпечення постійного натягу полотна в період розгону.

Вихідні дані:

- $G_p=30000$ Н - вага намотаного рулона паперу;

- $t = 6 \dots 8$ с – час гальмування;

M – момент розгону валів;

M_1 – момент натягу паперу;

Розрахунок ведеться за методикою, наведеної в [6].

$$M_2 = M - M_1 = \frac{G_p V D}{4 g t} - \frac{q B D}{2} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 1,5}{4 \cdot 9,81 \cdot 8} - \frac{3 \cdot 4,2 \cdot 1,5}{2} = 2771,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де:

$$M = \frac{G_p V D}{4 g t} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 15}{4 \cdot 9,81 \cdot 8} = 2866,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_1 = \frac{q B D}{2} = \frac{3 \cdot 4,2 \cdot 1,5}{2} = 9,45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Висновок: розрахували момент, який повинен розвинути тормозний генератор, він дорівнює 2771,5 Н·м, при якому натяг паперового полотна в період розгону зберігається постійним.

4.6 Розрахунок папероведучого вала

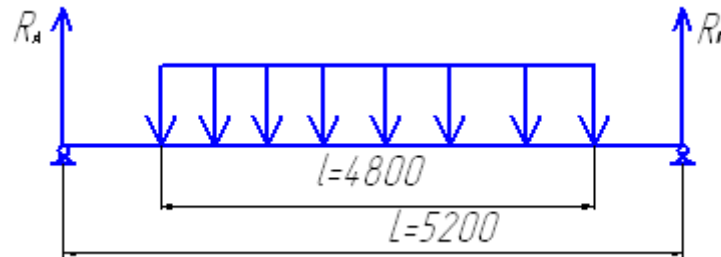


Рисунок 4.6 – Схема сил, які діють на папероведучий вал

Мета: розрахувати зусилля, що діють на вал; перевірити умови міцності і жорсткості.

Вихідні дані:

- відстань між центрами підшипників L , м 5,2;
- довжина бочки вала l , м 4,8;
- зовнішній діаметр вала D_H , м 0,450;
- внутрішній діаметр вала d_b , м 0,422;
- товщина бочки вала δ , м 0,14;
- відстань від підшипника до бочки a , м 0,2.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [8].

Вага труби вала:

$$G_T = 0,0246l\delta(D_H - \delta) = 0,0246 \cdot 4,8 \cdot 14 \cdot (450 - 14) \cdot 10 = 7207 \text{ Н};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

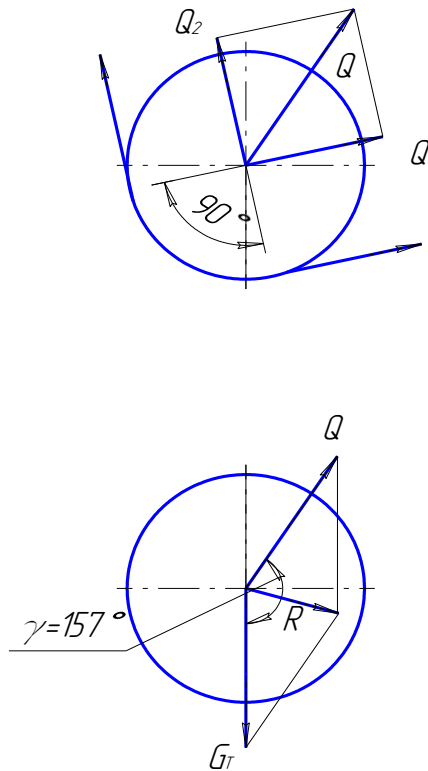


Рисунок 4.7 - Розрахунок сил

Розрахуємо зусилля від натягу паперу:

$$q_H = 1 \text{ кН/м};$$

$$Q_1 = q_H B = 1000 \cdot 4,2 = 4200 \text{ Н};$$

$$Q_2 = Q_1 = 4200 \text{ Н};$$

$$Q = 2Q_1 \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 4200 \cdot \sin 45^\circ = 5940 \text{ Н};$$

Розрахуємо рівнодіючу від натягу паперу і сили тяжіння вала:

$$R = \sqrt{Q^2 + G_T^2 - 2QG_T \cos \gamma} = \sqrt{5940^2 + 7250^2 - 2 \cdot 5940 \cdot 7250 \cdot \cos 157^\circ} = 2907 \text{ Н};$$

Прогин вала:

$$f = \frac{Q_c B_1^2 (12L - 7l)}{384EI} = \frac{3000 \cdot 4,8^2 \cdot (12 \cdot 5,2 - 7 \cdot 4,8)}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4,6 \cdot 10^{-4}} = 0,00005 \text{ м};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$[f] = \frac{1}{3500} \div \frac{1}{4200};$$

Умова жорсткості:

$$f \leq [f];$$

$$0,00005 < 0,00028;$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності

Момент інерції:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (D_H^4 - d_B^4) = 0,05 \cdot (0,45^4 - 0,422^4) = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4;$$

Міцність труби вала:

Згинаючий момент:

$$M_{из} = \frac{R}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{l}{4} \right) = \frac{2907}{2} \left(\frac{5,2}{2} - \frac{4,8}{4} \right) = 300 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Момент опору:

$$W = 0,1 \frac{D_H^4 - d_B^4}{D_H} = 0,1 \frac{0,45^4 - 0,422^4}{0,45} = 0,002 \text{ м}^3;$$

$$\sigma = \frac{M_{из}}{W} = \frac{300}{0,002} = 1,5 \text{ МПа};$$

Матеріал – Ст 3 ГОСТ 380-94, яка має $[\sigma] = 85$ МПа;

$$\sigma \leq [\sigma].$$

Розрахунок цапфи в небезпечному перетині:

- діаметр цапфи $d_{ц} = 80$ мм;

$$M_{из} = \frac{R}{2} a = \frac{3000}{2} 0,2 = 300 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$W = 0,1 \cdot d_{ц}^3 = 0,1 \cdot 0,08^3 = 0,51 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

$$\sigma = \frac{M_{из}}{W} = \frac{300}{0,51 \cdot 10^{-4}} = 5,8 \text{ МПа};$$

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Матеріал – сталь 20 ГОСТ 2590-88, яка має $[\sigma] = 95 \dots 110$ МПа;

$$\sigma \leq [\sigma];$$

Критична частота обертання валу:

$$n_{кр} = \frac{300}{\sqrt{f}} = \frac{300}{\sqrt{0,00005}} = 4200,8 \text{ об/мин};$$

Робоча частота обертання валу:

$$n_p = \frac{V}{\pi D_H} = \frac{1200}{3,14 \cdot 0,45} = 849$$

Відношення робочої швидкості вала до критичної:

$$K_o = \frac{n_p}{n_{кр}} = \frac{849}{4200,8} = 0,2,$$

де n_p - робоча частота обертання валу, об/хв;

$n_{кр}$ - критична частота обертання валу, об/хв.

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_o \leq [K_o],$$

де K_o - відношення критичної частоти обертання вала до робочої;

$[K_o] = 0,6$ – допустиме мінімальне відношення критичної частоти

обертання вала до робочої.

[8]

В даному випадку маємо:

$$0,2 < 0,6,$$

тобто умова відсутності резонансу виконується.

Висновок: вал відповідає умовам міцності та жорсткості, відношення обертання вала $K_o = 0,2$ не перевищує допустимого, тобто не призведе до появи резонансу і руйнації валу.

4.7 Розрахунок тамбурного вала

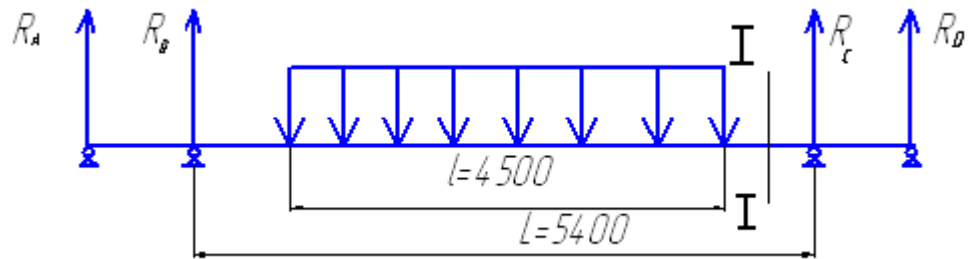


Рисунок 4.8 – Схема систем сил, що діють на вал тамбурний

Мета: визначення ваги тамбурного вала та ваги паперу, намотаного на нього.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [8].

Вихідні дані для розрахунків:

- діаметр вала D , м 0,4;
- товщина стінки δ , м 0,018;
- довжина тамбурного вала L , м 6,2;
- обрізна ширина паперу a , м 4,2;
- робоча довжина вала L_1 , м 4,5;
- відстань між осями підшипників l , м 5,4;
- діаметр цапфи d_1 , м 0,15;
- матеріал труби вала сталь 45 ГОСТ 1050-74;
- матеріал цапфи Ст 3 ГОСТ 380-94;
- границя витривалості сталі 45 при згині, $[\sigma_1]$, МПа 275 ;
- границя витривалості сталі 3 при згині $[\sigma_1]$, МПа; 220;

- модуль пружності матеріалу труби, E , МПа $2 \cdot 10^5$;
- модуль пружності матеріалу цапфи, E_1 , МПа $2 \cdot 10^5$

Знайдемо масу вала:

$$m_b = V_b \rho = 3366 \text{ кг};$$

де $\rho = 7826 \text{ кг/м}^3$ - густина матеріалу;

V_b = об'єм вала:

$$V_b = \frac{\pi}{4} (R^2 - r^2) L = 3,14 \cdot (0,2^2 - 0,182^2) 6,4 = 0,14 \text{ м}^3;$$

де R - радіус вала, м ;

L – довжина цапфи, м;

r - внутрішній радіус вала, м;

Знайдемо масу паперу, що намотується на тамбурний вал:

$$m_n = V_n \rho = 2,11 \cdot 600 = 1266 \text{ кг};$$

де V_n - об'єм паперу, м^3 ;

$\rho = 600 \text{ кг/м}^3$ - густина намотаного паперу;

Знайдемо об'єм паперу:

$$V_n = \pi R_1^2 a = 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 4,2 = 2,11 \text{ м}^3;$$

де R_1 - радіус рулону паперу, м;

Визначимо силу тяжіння вала:

$$G_b = m_b g = 3366 \cdot 9,81 = 33020 \text{ Н};$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Сила тяжіння намотуваного паперу:

$$G_n = m_n g = 1266 \cdot 9,81 = 12419 \text{ Н}$$

Розрахунок вала тамбурного на міцність:

Оскільки вал навантажений симетрично, реакції опор R_A та R_B є однаковими:

$$R_A = R_B = \frac{Q_0}{2} = \frac{q_0 \cdot L_1}{2};$$

де q_0 - інтенсивність рівномірно- розподіленого навантаження;

Q_0 - загальне навантаження на вал від сили тяжіння G_b та сили тяжіння паперу G_n .

Знайдемо загальне навантаження:

$$Q_0 = \sqrt{G_b^2 + G_n^2 + 2 \cdot G_b \cdot G_n} = \sqrt{33020^2 + 12419^2 + 2 \cdot 33020 \cdot 12419} = 41439 \text{ Н};$$

$$q_0 = \frac{Q_0}{L_1} = \frac{41439}{4,5} = 9208 \text{ Н/м};$$

$$R_A = R_B = \frac{41439}{2} = 20719 \text{ Н};$$

Визначимо максимальний згинаючий момент:

$$M_{\max} = Q_0 \cdot \left(\frac{L}{4} - \frac{L_1}{8} \right) = 41439 \cdot \left(\frac{5,4}{4} - \frac{4,5}{8} \right) = 32633 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Умова міцності валу:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma],$$

де W - момент опору поперечного перерізу на середині вала, м^3 ,

$[\sigma]=275 \text{ МПа}$ - допустиме напруження;

Знайдемо момент опору :

$$W = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,4^3}{32} \cdot (1 - 0,91^4) = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

Відношення внутрішнього діаметра до зовнішнього:

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{0,364}{0,4} = 0,91;$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$\sigma_{\max} = \frac{32633}{1,97 \cdot 10^{-3}} = 16,6 \text{ МПа} < 275 \text{ МПа} .$$

Умова виконується - навантаження задовольняють умові міцності.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Розрахунок вала на жорсткість

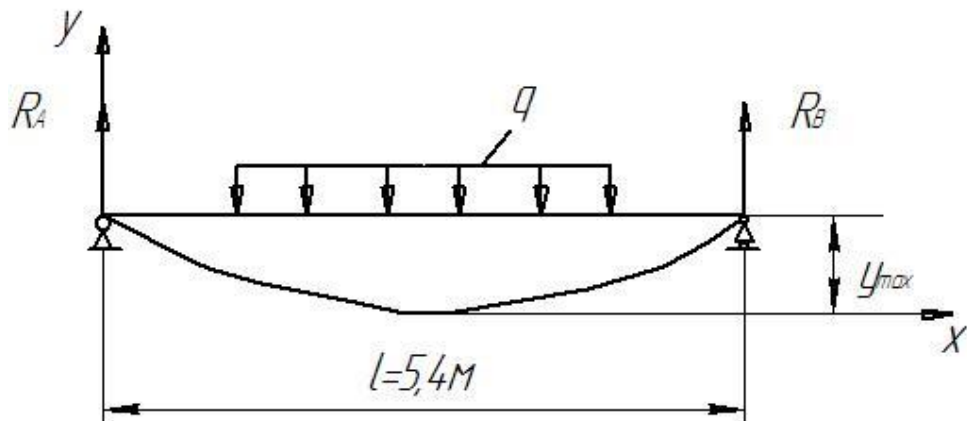


Рисунок 4.9 – Схема системи сил, що діють на вал

Визначимо прогин y_{\max} робочої частини вала при умові, що жорсткість EI поперечних перерізів вала постійна по всій її довжині:

$$y_{\max} = \frac{q_0 H^3}{384 EI} (12l - 7B) = \frac{9208 \cdot 4,5^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8 \cdot 10^{-4}} \cdot (12 \cdot 5,4 - 7 \cdot 4,5) = 1,99 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$$y_{\max} = 1,99 \cdot 10^{-4} \leq [y_{\max}];$$

$[y_{\max}] = 1,7 \cdot 10^{-4} \dots 2,1 \cdot 10^{-4}$ - допустимий відносний прогин тамбурного вала;

$$y_{\max} = 1,99 \cdot 10^{-4} \leq 2,1 \cdot 10^{-4}.$$

Прогин робочої частини вала задовольняє умові.

Розрахунок критичної кутової швидкості вала

Критична кутова швидкість поздовжніх коливань дорівнює:

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{y_{\max}}} = \sqrt{\frac{9,81}{1,99 \cdot 10^{-4}}} = 222 \text{ с}^{-1};$$

де g – прискорення вільного падіння;

Знайдемо кутову швидкість вала:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\omega_{\text{роб}} = \frac{V}{R} = \frac{17}{0,2} = 85 \text{ с}^{-1};$$

де $V = 17 \text{ м/с}$ - робоча швидкість вала;

R - радіус вала, м;

Для запобігання явища резонансу максимальна кутова робоча швидкість вала не повинна перевищувати критичну швидкість більш чим на 60-80 %:

$$\omega_{\text{роб}} < (0,6 - 0,8) \cdot \omega_{\text{кр}};$$

$$85 < 0,6 \cdot 222 = 178.$$

З цієї нерівності можна зробити висновок про допустимість фактичного числа обертів вала.

Розрахунок цапфи вала на витривалість

Мета: визначити чи витримує цапфа навантаження, що на неї діють.

Цапфа вала працює на згинання під дією моменту від реакції опор. Найбільш небезпечний переріз цапфи I – I, де діє достатньо великий згинаючий момент (рисунок 4.8)

Згинаючий момент в перерізі I – I:

$$M_{3I} = R_A l_I = 20719 \cdot 0,274 = 5677 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де - R_A - реакція опори, Н;

l_I - відстань від центру підшипника до цапфи вала, м;

Момент опору перерізу I – I цапфи:

$$W_I = 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 0,15^3 = 3,38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

Номінальна напруга згинання цапфи у перерізі I – I:

$$\sigma_{uI} = \frac{M_{3I}}{W_I} = \frac{5677}{3,38 \cdot 10^{-4}} = 16,8 \text{ МПа};$$

Допустима напруга згинання цапфи у перерізі I – I:

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_{-1}}{n[K_\sigma]_D} = \frac{220}{1,8 \cdot 3,3} = 37 \text{ МПа};$$

де $n = 1,8$ – прийнятий запас міцності;

$[K_\sigma]_D = 3,3$ – коефіцієнт напруги згинання в перерізі I – I для вала з посаженими деталями.

$$\sigma_{u1} = 16,8 \text{ МПа} < [\sigma_{-1}] = 37 \text{ МПа}.$$

Висновок: цапфа вала витримує навантаження, що на неї діють.

Розрахунок і вибір підшипників

Мета : розрахувати і підібрати підшипники

На всіх сучасних папероробних машинах встановлюють підшипники кочення, враховуючи наступні їх переваги: менші витрати змазувальних матеріалів, споживаної потужності. Так як відстань між опорами валів велика, застосовують радіальні сферичні двухрядні підшипники, які менші за інші підшипники. У всіх випадках підшипники встановлюють так, щоб одна опора була фіксуюча, а інші – “ плаваючі ” (рисунок 4.8).

Підбираємо підшипники вала при наступних умовах : радіальне навантаження на підшипники $R = 20719 \text{ Н}$, посадкові діаметри вала під підшипники – $d_A = 95 \text{ мм}$, $d_B = 100 \text{ мм}$.

Приймаємо у точці А підшипник 319 середньої серії, в якого динамічна вантажопідйомність $C = 12000 \text{ Н}$, статична вантажопідйомність $C_o = 11100 \text{ Н}$, $G = 5,7 \text{ кг}$, та в точці В підшипник 320 середньої серії, в якого $C = 13600 \text{ Н}$, $C_o = 13300 \text{ Н}$, $G = 7 \text{ кг}$.

Визначимо динамічне навантаження:

$$P = k_\sigma k_m (x R k_k - A Y);$$

де $k_\sigma = 1 \dots 3$ - коефіцієнт динамічності;

$k_m = 1,04 \dots 1,4$ - температурний коефіцієнт;

$k_k = 1$ - коефіцієнт обертання;

$x = 0,56 \dots 1,35$ - коефіцієнт радіального навантаження;

0,53...2,3 - коефіцієнт впливу осьового навантаження на зведене;

R , Н - рівнодіюче радіальне навантаження;

$R = 0,1$ - осьове навантаження.

$$P_A = P_B = 1 \cdot 1,04 \cdot (0,57 \cdot 20719 \cdot 1 - 0,1 \cdot 20719 \cdot 2,2) = 7541 \text{ Н};$$

Довговічність підшипника визначаємо:

$$L_n = \frac{10^6}{60} \left(\frac{C}{P} \right)^p;$$

де $p = 3$ для шарикових підшипників.

$$L_{n_A} = \frac{10^6}{60} \cdot \left(\frac{12000}{7541} \right)^3 = 67160 \text{ год};$$

$$L_{n_B} = \frac{10^6}{60} \cdot \left(\frac{13600}{7541} \right)^3 = 97764 \text{ год};$$

Висновок: вал задовольняє умовам міцності й жорсткості і встановлений на підшипники 319 і 320 середньої серії $d=120$ мм ; $D=215$ мм; $B=58$ мм.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк. 58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності є однією з найважливіших задач держави. Основоположним законодавчим документом в цій галузі є Закон України "Про охорону праці".

Охорона праці повинна виявляти і вивчає можливі причини виробничих нещасні випадки, професійні захворювання, аварії, тощо. За результатами вивчення розробляється система заходів і потреб з ціллю усунення цих причин та створення безпечних для людини умов праці [19]. Тема дипломного проекту «Модернізація паперорізального верстату санітарно гігієнічного паперу».

Забезпечення безпеки праці повинно бути закладене на перших стадіях проектування виробничих споруд, технологічного процесу виробництва, створення нового та модернізації старого обладнання.

Дане обладнання обслуговує оператор, який виконує свої обов'язки в окремому приміщенні площею $S=12 \text{ м}^2$, $V=48 \text{ м}^3$.

При дослідженні накату було виявлено, що шкідливими та небезпечними факторами є:

- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека;
- небезпека від рухомих частин;
- виробничий шум;
- виробнича вібрація;
- виробниче освітлення;
- повітря робочої зони.

Проведемо аналіз вище перерахованих шкідливих та небезпечних факторів.

5.1 Небезпека ураження електричним струмом

За класифікацією приміщень по ступеню небезпеки ураження електричним струмом, приміщення, де встановлена паперорізальний верстат відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. За характером навколишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря в приміщенні близько 75%).

Для роботи ПРВ та накату використовується напруга 220/380 В та $f = 50 \text{ Гц}$, що вимагає використовувати трьохфазну мережу з ізольованою нейтраллю. Ця мережа дозволяє використовувати дві робочі напруги – лінійну й фазову.

Причинами електротравм можуть бути:

- оголені дроти та контакти в доступних місцях;
- пошкодження ізоляції на струмоведучих дротах та приладах, що знаходяться під напругою;
- пробої на корпус;
- помилкове включення при ремонтних роботах.

Засоби забезпечення електробезпеки діляться на дві категорії [19]:

- а) захист в робочому режимі:
 - забезпечення недосяжності струмоведучих частин (ізоляція, розташування на недосяжній висоті (більш 2,5 м), огорожа);
 - подвійна ізоляція;
 - позначення на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення);
 - огорожі, перила, інструмент з ізоляцією.
- б) захист в аварійному режимі:
 - захисне заземлення.

Для підвищення електробезпеки передбачені наступні заходи:

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- а) коробки електродвигунів виконані пило-водонепроникними;
- б) електрообладнання, яке розташоване в окремих шафах винесене в приміщення які не відносяться до пожежонебезпечних;
- в) прокладка дротів та кабелів безпосередньо по станинам обладнання проведена в сталевих трубах;
- г) клемні коробки виконані в пило-водонепроникному виконанні.

Передаючі механізми (шестерні, з'єднувальні муфти, колеса, вал карданий і т. д.) або скомпоновані всередині станин, або мають огороження.

Засобом захисту від статичної електрики є заземлення. Заземлення електроустаткування, а точніше - заземлення відкритих провідних частин (ОПЧ), є однією з численних заходів, які можуть бути використані для захисту від ураження електричним струмом. Заземлення ОПЧ передбачає створення еквіпотенційного середовища, що знижує ймовірність появи напруги на тілі людини.

Схема заземлення наведена на рисунку 5.1.

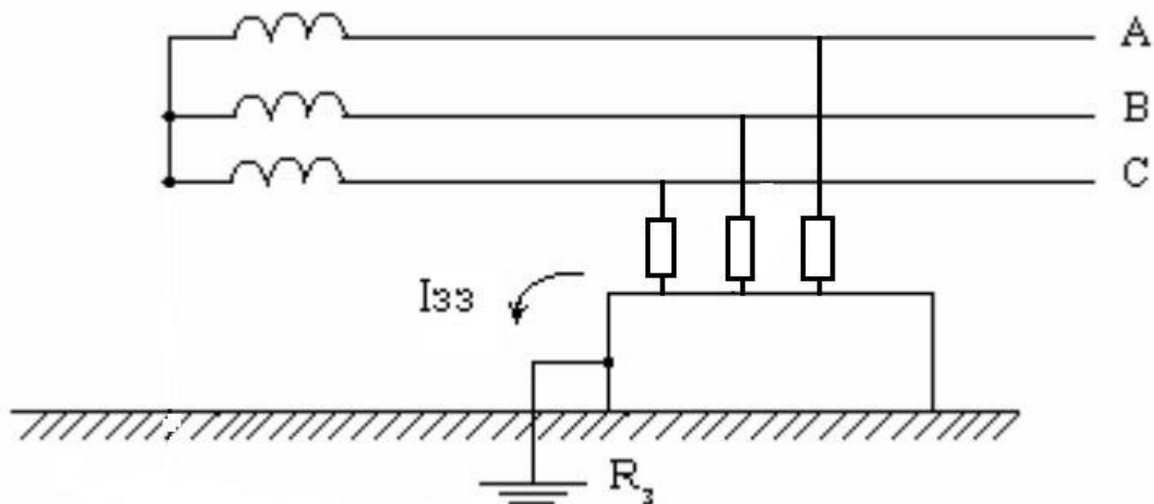


Рисунок 5.1 – Схема заземлення

Забезпечення електробезпеки є дуже важливим чинником, при проектуванні периферичного накату, тому що дозволяє зменшити ймовірність смертельного випадку чи травматизму серед обслуговуючого персоналу

у виробничих умовах.

5.2 Небезпека від рухомих частин

Накат має незначну кількість валів що обертаються, тому найбільшою небезпекою для обслуговуючого персоналу при роботі на обладнанні становить захват людини валом, що обертається, потрапляння в захват між валам при обриві та заправці паперового полотна, а також небезпечна карданна передача приводу.

Для запобігання травматизму частини що обертаються обладнуються захисними кожухами й захисними огорожами. Для запобігання ручної заправки встановлюються заправ очні транспортери. Захвати валів, зі сторони заправки, мають спеціальні огорожі.

При виробництві паперу верстат паперорізальний складається з рухомих частин, які працюють під тиском та обертаються при дуже великих швидкостях.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування розробляються відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 з урахуванням призначення, використання та умов його експлуатації.

Невиконання правил із техніки безпеки при роботі на установці може призвести до трав чи навіть смерті. Тому існують такі правила безпеки:

1. Вздовж всієї лінії повинна стояти огорожа:
 - при ремонтних робіт, будь якої частини лінії, працівник повинен повісити таблицю: «Обережно! Працюють люди»;
 - не підходити до рухомих частин машини ближче ніж на 1 м.
2. Для використання допускається лише обладнання, яке пройшло гідравлічне випробування згідно з нормативною документацією, погодженою з Держпромгіннаглядом.
3. Обладнання, яке працює під тиском повинен бути оснащеним:

- запірною і запірною – регулювальною арматурою;
- приладами для вимірювання тиску, температури, рівня рідини; запобіжними приладами.

5.3 Виробничий шум

Верстат є машиною періодичної дії із-за чого шум, який утворюється під час роботи не є постійним.

Основними джерелами шуму при роботі верстату є вали що обертаються, електродвигуни та інше устаткування. У даному випадку за своєю природою шум механічний і гідро-аеродинамічний.

Рівень звукових тисків у октавних смугах на даному виробництві становить 98 – 100 дБА.

Для зниження шуму від паперорізального верстата пульт керування оператора захищений екраном, який встановлений між машиною й робочим місцем. Екран виконаний зі скла силікатного товщиною 5 мм.

Згідно норм ДСН 3.3.6.037-99 рівень шуму для виробничих приміщень не повинен перевищувати 80 дБА.

Рівень шуму зменшують шляхом шумопоглинання. Для цього використовується облицювання з перфорованим покриттям та гіпсові плити. Для досягнення максимального ефекту від використання шумопоглинаючого, ним вкривають ним не менше ніж 60% внутрішньої площі.

Якщо рівень шуму на робочому місці перевищує допустимі значення, то необхідно застосувати індивідуальні засоби захисту (шумоізоляційні навушники) [19].

Для зменшення шуму від елементів накату що обертаються необхідно:

- слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.
- виконати балансування валів;
- монтажні роботи виконувати з великою точністю.

Для зниження виробничого шуму передбачені наступні заходи:

- а) патрубки компресорів та вентиляторів високого тиску знаходяться в герметизованому залізобетонному каналі;
- б) найбільш інтенсивні джерела шуму: компресорів та вентиляторів високого тиску встановлені в ізольованому приміщенні на нульовій відмітці під машинним залом;
- в) стіни й перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням із коефіцієнтом звукопоглинання 0,7 та мають звукоізолюючу здатність 50 дБа ;
- г) звукоізолююча здатність дверного прорізу приміщення 30 дБа;
- д) при необхідності проведення ремонту, під час праці обладнання, ремонтному персоналу рекомендується користуватися шумоізоляційним навушниками або бірушами.

5.4 Виробнича вібрація

Виробнича вібрація має енергетичну природу, причина – дія неврівноважених сил двигунів, валів, технологічного обладнання, інструменту й пристроїв.

Дія вібрації на організм людини викликає порушення нормальної роботи, призводить до різних захворювань (ураження центральної нервової системи, спазм кровоносних судин, окостеніння м'язів, відкладання солей у суглобах).

Захист дії від вібрації повинен проводитися на всіх етапах підготовки та упровадженні машин, механізмів, виробничих процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації. Існують колективні та індивідуальні методи захисту від дії вібрації (амортизатори, пружини, еластичні підкладки, які кладуться під обладнання, буфери, кожухи та ін.).

5.5 Виробниче освітлення

При атестації робочих місць за параметрами освітленості використовується державний стандарт "ГОСТ 24940-96. Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості". Норма освітленості для загального освітлення $E = 200$ лк, для місцевого – 300 лк. У зв'язку з тим, що накат має велику кількість деталей, що обертаються та рухаються з великою швидкістю, помостів, драбин, трубопроводів та кабелів то при недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників.

Для освітлення використовуємо люмінесцентні лампи низького тиску:

- тип лампи ЛД 80;
- потужність 80 Вт;
- кількість 5 шт;
- світильники ПЗЛМ-Д-2х80-С.

Лампи створюють світло, приблизне за яскравістю до природного. Для даного цеху також передбачено бокове освітлення (через світові отвори в стінах).

Загальна освітленість складає $E_{\phi} = 250$ лк та відповідає вимогам ДБН2,5.28-2006.

Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного. Для приміщення також передбачене бокове освітлення (крізь отвори в зовнішніх стінах).

5.6 Повітря робочої зони

Робота операторів на папероробній машині, до складу якої входить накат для намотування паперового полотна, відноситься до важкої фізичної роботи, через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 2 зміни, цілодобово, у будь-який час року. Енерговитрати за

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

таких умов праці складають більш 173 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведено у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 - Параметри мікроклімату в робочій зоні

Сезон року	Категорія робіт – 1б					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич
Холодний	19–25	19–20	Не більше 75	40–65	Не більше 0,2	0,2
Теплий	19–25	20–25	Не більше 75	40–70	Не більше 0,2	0,2

Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70–90 °С, а в теплий час року – приточно - витяжною вентиляцією ДСН 3.3.6.042–99.

Промислова вентиляція

При проектуванні штучної (механічної) загальнообмінної вентиляції, яка призначена для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологи та інших шкідливих виділень необхідно приймати розрахункові параметри згідно з СНиП2.04.05-86.

Для місцевої вентиляції обрано вентилятор МЦ-5:продуктивність $L_{\min}=600\text{м}^3/\text{год}$), кількість обертів $n=1410$ об/хв.

Розрахунок механічної вентиляції включає визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, по-

жежо - чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей (загальнообмінні або місцеві вентиляційні установки і системи); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла. Фактичні концентрації відповідають ГОСТ 12.1.005-98.

5.7 Пожежна безпека

Матеріалами на ділянці, який може спричинити пожежу є папір та випаровування мастила з поверхонь підшипників (категорія В ОНТП-24-86 клас П – II а (ПУЕ)).

Можливими причинами пожежі можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- куріння в невстановлених місцях;
- несправність електрообладнання й електромережі;
- розряди статичної електрики.

У приміщенні встановлені пожежні гідранти, теплові оповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до критичного значення.

В установках пожежогасіння принцип дії закачаних порошкових вогнегасників суміщений з принципом дії теплового замка, що дозволяє використовувати «САМ – 6», «САМ – 9» для протипожежного захисту об'єктів без участі людини для тушіння пожеж класу А (горіння твердих речовин) класу В (горіння рідких речовин), класу С (горіння газоподібних речовин) згідно ГОСТ 27331-87, а також електроустановок, кабельних тунелів під напругою до 1000 В. Установки можуть застосовуватись в якості автономного засобу пожежогасіння для захисту найбільших по об'єму об'єктів (гаражних боксів, контейнерів, дизельних відсіків, складів і т.д.)

Для захисту органів дихання і зору від впливу високотоксичного газо-

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

вого середовища при виконанні рятувальних і технічних робіт на об'єктах хімічних, нафтогазових, комунальних і інших підприємств використовується повітряний апарат індивідуального захисту типу МПА-2х20. З технічними характеристиками:

- місткість балона 2л;
- тиск у балоні 20 МПа;
- габаритні розміри 450х220х170;
- номінальний ЧЗД 12 хв;
- маса апарату 5,6 кг.

Може бути застосований при виконанні різних нетривалих робіт при огляді запірного устаткування, ліквідації витоків газу і шкідливих речовин. Має полегшену підвіску, що дозволяє застосовувати його як у положенні на спині, так і в положенні на поясі (тільки для апаратів з балоном місткістю 2 л). Наявність візуального і звукового контролю залишку повітря в балоні, а також надлишковий тиск під маскою підвищують безпеку використання апарата в аварійних умовах.

Для підвищення організації евакуації при пожежі, в спеціально відведених місцях, розміщено схеми евакових виходів (рисунок 5.2).

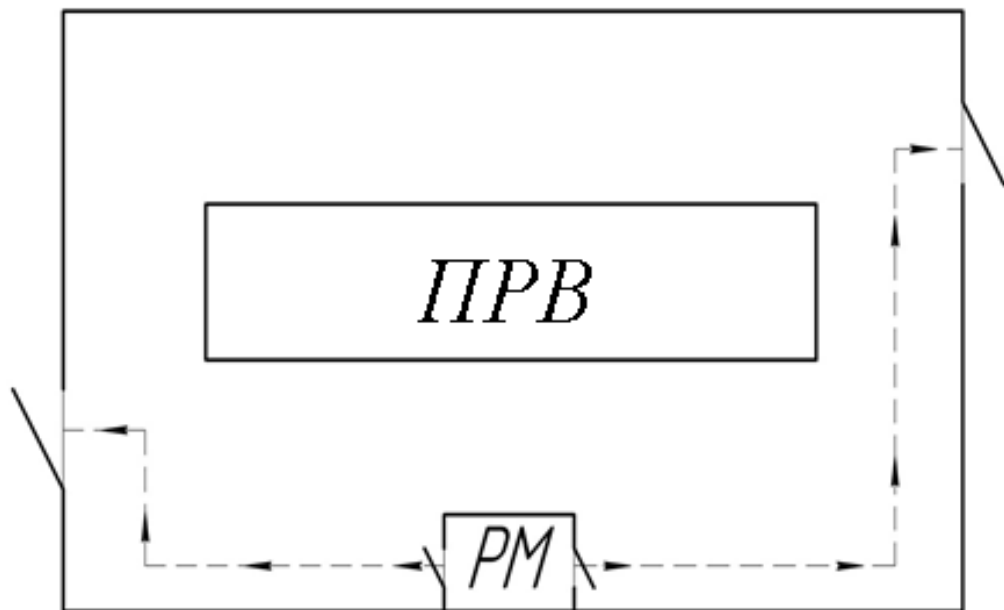


Рисунок 5.2 – План евакуації

Протипожежна безпека паперорізального верстата відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

Крім перерахованих заходів безпеки, обслуговуючий персонал перед роботою проходить інструктаж з техніки безпеки й правил технічної експлуатації. Також ведеться контроль за виконанням цих правил.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

6 Рекомендції щодо монтажу та експлуатації

6.1 Загальні вимоги

Для установки верстату по спеціальним кресленням виконують фундамент. Монтаж верстату проводиться згідно інструкціям по монтажу, пуску, регулюванню та обкатці виробу на місці.

Перед пуском обов'язково перевіряти:

- стан всіх механізмів;
- наявність змазки згідно таблиці змазки;
- функціональність всіх вузлів і їх взаємдія;
- роботоздатність кінцевих вимикачів;
- наявність і справність огорожі на частинах;
- перевірити дію кнопок аварійної зупинки.

Ремонт повинен проводитися відповідно з плановими ремонтами технологічного обладнання підприємства. Проводиться змащування з періодичністю вказаною в таблиці. Перевіряти плавність переміщення кареток та стан ножів при необхідності провести переточку і заміну.

Необхідно слідкувати за станом пневмоциліндрів при необхідності проводити заміну ущільнень.

Необхідно постійно контролювати стан електрообладнання та мережі. Завжди перевіряти заземлення.

6.2 Вимоги до монтажу.

1) фундаментні плити, на яких монтують ПРВ, встановлюють з точністю по осях $\pm 0,1$ мм і по горизонталі $\pm 0,04$ мм на 1 м довжини;

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

2) станини верстата встановлюють на фундаментні плити, кріплять болтами без затягування і сполучають їх Між собою чотирма поперечними балками;

3) поперечні балки ретельно вивіряють і остаточно затягують болтові з'єднання;

4) вали накату встановлюють опорами на фундаментні плити і вивіряють з точністю по осях $\pm 0,1$ мм і по горизонталі $\pm 0,04$ мм на 1 м довжини, потім закріплюють корпуси підшипників болтами і фіксують контрольними шпильками;

5) проводять монтаж приймального столу, пристрою для зіштовхування і пристрою для опускання рулонів, вузлів розкату, гальмівного генератора з гальмівним пристроєм розкату і приводу накату;

6) після закінчення монтажу обкатують верстат на холостому ході і під навантаженням, перевіряючи якість монтажу.

6.3 Вимоги до експлуатації.

1) Обслуговуючий персонал повинен носити захисний спецодяг;
2) при запуску верстата бригадир повинен перевірити справність огорожі рухомих деталей, відсутність сторонніх предметів біля приводу і в інших небезпечних місцях, надійність закріплення кришок підшипників;

3) видаляти обрізки паперу дозволяється лише пневмотранспортером;
4) робочі місця та всі проходи між обладнанням повинні бути добре освітлені;

5) до початку ремонту верстата привод повинен бути знеструмлений і вивішена табличка «Не вмикати - працюють люди»;

6) ремонт виконується під технічним контролем майстра по ремонт механіка цеху;

7) верстат з ремонту здають по акту механік та майстер цеху, приймають технолог зміни та начальник зміни.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні апаратів і машин для хімічної і нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані і уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення кількості типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів, ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів розроблені стандарти. Наявність достатньо високого рівня стандартизації та уніфікації вузлів і деталей апарату значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації і переходу при необхідності на нові режими роботи.

$$W = \frac{S}{Z} 100 \% = \frac{210}{214} = 0,98 = 98 \%,$$

де S – кількість стандартних та уніфікованих деталей;

Z – загальна кількість деталей і виробів;

Отже можна зробити висновок, що розроблюваний пристрій належить до одиничного виробництва із максимально можливим залученням стандартних та уніфікованих складальних одиниць, агрегатів і деталей. Це спрощує конструкцію останнього та дає можливість спростити технологічні процеси виготовлення окремих деталей, а отже і знизити його вартість.

8 Економічна частина проекту

8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування

Паперорізальний верстат у технологічній схемі встановлюється після ПРМ або КРМ. З накату машин знімають рулони великої ширини, незручної для перевезення та установки на обладнання для переробки паперу. Це ще більше актуально у разі збільшення обрізної ширини папероробних машин. Верстат призначений для розмотування, розрізання рулону та формування декількох рулонів паперового полотна. Верстати застосовують при виготовленні усіх видів паперу, картону та в переробленні паперової продукції. Це обов'язковий вид обладнання у виробництві.[10]

Тому в сучасних умовах перед сучасною целюлозно-паперовою промисловістю України ставиться завдання не тільки збільшення обсягів виробництва готової продукції, а й підвищення рівня її новизни, якості та конкурентоздатності шляхом вдосконалення існуючих конструкцій ПРВ.

У розробленій конструкції паперорізального верстату модернізовано конструкцію шляхом встановлення несучих валів робоча поверхня яких, покрита шаром гуми, для підвищення коефіцієнта тертя, щоб зменшити витрати електроенергії на прикладання сили по нормалі.

Запропоновані вдосконалення існуючої конструкції істотно вплинуть на процес різання паперового полотна на паперорізальному верстаті та на властивості паперу: покращиться структура полотна, зменшиться ризик обриву полотна, і опір продавлюванню,. Також збільшиться продуктивність ПРВ в цілому, а витрати електроенергії при цьому стануть менше.

Показники, що характеризують базову конструкцію та очікувані показники модернізованої машини зведені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Основні техніко-економічні показники базової та вдосконаленої конструкції клеїльного пресу

Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування	
		Діюче, яке підлягає модернізації (базове)	Після модернізації (нове)
Продуктивність	т/рік	100	125
Обрізна ширина паперу	м	4,2	4,2
Потужність електродвигунів	кВт	200	200
Діаметр гільзи	м	0,7	0,7
Діаметр розмотуваного рулона	м	2	2,2
Брак продукції	%	-	-40%
Площа, яку займає паперорізальний верстат в цеху	м ²	50	50

Науковий керівник:

к.т.н, проф. каф. МАХНВ

В.М. Марчевський

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

75

8.2 Розрахунок суми капітальних витрат

Вдосконалення конструкції діючого базового устаткування – паперорізального верстата санітарно-гігієнічного паперу, здійснюється з метою збільшення коефіцієнта тертя між валами та рулоном паперу та зменшення браку. Разом з тим, модернізація діючого базового устаткування підприємства – це різновид зміни конструкції до найвищого та найсучаснішого рівня. Тобто, модернізація діючого базового устаткування підприємства означає внесення змін в його конструкцію з метою попередження його фізичного та морального зносу, а також підвищення його техніко-економічних параметрів.

В подальшому поняття «модернізація» вживається також і під терміном «удосконалення устаткування». Це пояснюється тим, що методичні підходи до розрахунків техніко-економічних показників є однаковими для обох вказаних видів робіт.

Економічно доцільно здійснювати роботу з удосконалення діючого базового устаткування, поєднуючи її з капітальним ремонтом. За результатами виробничої практики на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» встановлено, що модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та паперової галузей забезпечує збільшення його продуктивності на 10 – 20%, а понесені на неї витрати не перевищують половини вартості нових одиниць виробництва аналогічного призначення.

Капітальні витрати підприємства визначаються сумою витрат на розробку та виготовлення необхідних елементів устаткування або ж придбання його у компанії-виробника з включенням всіх витрат на придбання, встановлення та налагодження об'єкту. Придбання системи очищення внутрішньої оболонки валу в компанії-виробника є найбільш поширеним варіантом. Тому сума капітальних витрат в даному випадку складається з наступних елементів:

- витрати на проектно-конструкторські роботи по модернізації,
- витрати на технологічну підготовку проекту модернізації,

– витрати на придбання та встановлення гумованих валів.

Розрахунок капітальних витрат починається з визначення витрат на проектно-конструкторські роботи. По кожному виду робіт, відповідно до ступеня їх новизни, складності об'єкту, що проектується, та з використанням норм часу на розробку конструкторської документації, визначаємо загальний нормативний час конструкторської підготовки виробництва із зазначенням професії та кваліфікації виконавця робіт.

Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки внесені до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	К-сть листів	Групи*		Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
		Новизни	Складності	На одиницю	Всього	
Складальний кресленик ПРВ для санітарно гігієнічного паперу	A0x3	3	3	4	12	Інженер - проектувальник I категорії
Складальний кресленик тамбурного валу	A1	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії
Складальний кресленик папероведучого валу	A2	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії

Продовження таблиці 8.2

Схема автоматизації накату ПРВ	A1	3	3	4	4	Інженер - проектувальник І категорії
Специфікація	8 A4	3	3	2	2	Інженер - проектувальник І категорії
Пояснювальна записка	150 A4	3	3	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Патентний пошук	15 A4	8	8	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Разом	A1x8 A4 - 173	28	28	28	40	-

* Групи новизни та складності визначаються за п'ятибальною шкалою, де 1 – група найменш нових креслеників, складність виконання – найнижча. 5 – група найновіших конструкцій та розроблених креслеників, складність виконання – найвища.

Результати розрахунку основної заробітної плати виконавців проектно-конструкторських робіт представлено у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 Заробітна плата виконавців проектно-конструкторських робіт

Найменування документів	Сумарна норма часу, год	Кваліфікація виконавців	Годинна тарифна ставка, грн	Заробітна плата, грн
Кресленик загального виду	12	Інженер - проєктувальник I категорії	80	960
Складальний кресленик тамбурного валу	6	Інженер - проєктувальник I категорії	80	480
Складальний кресленик папероведучого валу	6	Інженер - проєктувальник I категорії	80	480
Креслення окремих деталей	3	Інженер - проєктувальник I категорії	80	240
Пояснювальна записка	8	Інженер - проєктувальник I категорії	80	640
Разом	35	-	80	2800
З урахуванням премії (15 % від тарифу)	-	-	92	3220

Окрім того, на здійснення проектно-конструкторських робіт будуть використані матеріали та інші накладні витрати, наведені в таблиці 8.4.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 8.4 Вартість матеріалів та інші витрати для проектно-конструкторських робіт

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	8	15	120
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Олівець	шт.	6	5	30
Ручка	шт.	6	15	90
Разом витрати на матеріали	-	-	-	840
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	1120
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1960

Результати розрахунку витрат на проектно-конструкторські роботи зведені у таблицю 8.5.

Таблиця 8.5. Витрати на проектно-конструкторські роботи

Статті витрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	2800
Додаткова заробітна плата (премія)	420
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	708,40
Вартість проектних матеріалів	840
Накладні витрати	1120
Разом	5888,40

Результати розрахунку трудомісткості на технологічну підготовку проекту модернізації внесені до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 Результати розрахунку трудомісткості технологічної підготовки проекту модернізації

Вид роботи	Групи складності	Кількість одиниць	Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
			На одиницю	Всього	
Проектування технологічного процесу вдосконалення клеїльного пресу					
Розробка технологічного процесу	5	1	12	12	Інженер - проектувальник I категорії
Проектування встановлення ІЧ гумованих валів	5	1	8	8	Інженер-механік II категорії
Сумарна трудомісткість технологічної підготовки (t), год					20

Сума витрат на зарплату на технологічну підготовку проекту модернізації становить:

$$\begin{aligned} \text{КТП} &= K_{\text{год}} \text{ТП} \cdot t(1 + \text{ЄСВ})(1 + \text{Пр}) = 80 \cdot 20 \cdot (1 + 0,22)(1 + 0,15) = \\ &= 2244,8 \text{ грн}, \end{aligned}$$

де $K_{\text{год}} \text{ТП}$ – заробітна плата виконавця за годину, грн,

t – норма часу на виконання робіт, год,

ЄСВ – ставка єдиного соціального внеску на заробітну плату 22%,

Пр – премія, встановлена на підприємстві, 15%.

Також для здійснення підготовчих робіт використовуються матеріали та інші накладні витрати, вартість яких внесено до таблиці 8.7.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 8.7 Вартість матеріалів та інші витрати для технологічної підготовки

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	1	15	15
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Разом витрати на матеріали	-	-	-	615
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	896
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1511

Результати розрахунку витрат на технологічну підготовку проекту модернізації зведені у таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 Витрати на технологічну підготовку проекту

Статті витрат	Сума, грн
Основна зарплата	2244,8
Додаткова зарплата (премія)	336
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	566,72
Вартість проектних матеріалів	615
Накладні витрати	896
Разом	4658,52

Сума витрат на придбання та встановлення додаткового обладнання складається із ціни виробника даного обладнання, витрат на його транспортування, монтаж і налагодження. Для даного проекту модернізації необхід-

ним є придбання гумованих валів у виробника компанії «Voith», Німеччина. Орієнтовна ціна даного обладнання з врахуванням витрат на доставку та курсу національної валюти (C_n) становить 80000 грн.

Витрати на монтаж та налагодження розраховуються у відсотках від ціни обладнання (15 – 25%), в даному варіанті витрати складуть 15% з врахуванням обсягів робіт:

$$K_{дн} = C_n \cdot k = 80000 \cdot 0,15 = 12000 \text{ грн},$$

де $K_{дн}$ – сума витрат на монтаж та налагодження,

C_n – вартість додаткового обладнання,

k – частка витрат на оплату робіт щодо монтажу та налагодження.

Таким чином, витрати на придбання та встановлення системи очищення внутрішньої оболонки гауч-валу складуть:

$$K = K_{дн} + C_n = 12000 + 80000 = 92000 \text{ грн.}$$

Загальна сума капітальних вкладень:

$$K_{заг} = П + КТП + K = 5888,40 + 4658,52 + 92000 = 102546,92 \text{ грн},$$

де $K_{заг}$ – загальна сума капітальних вкладень у проект модернізації, грн,

$П$ – витрати на проектно-конструкторські роботи (таблиця 8.5), грн,

$КТП$ – сума витрат на технологічну підготовку (таблиця 8.8), грн.

8.4 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації

Економічний ефект від проведення модернізації паперорізального верстата санітарно-гігієнічного паперу буде отримано за рахунок:

- збільшення продуктивності ПРВ,
- зменшення кількості браку.

Підвищення коефіцієнта тертя під час намотування рулона призводить до кількості бракованої продукції та зменшення підвищення продуктивності ПРВ.

Приріст продуктивності ПРВ в результаті його модернізації складатиме:

$$\Delta П = П_{\text{н}} - П_{\text{б}} = 125 - 100 = 25 \frac{\text{тонн}}{\text{рік}},$$

де $\Delta П$ – приріст продуктивності за рік,

$П_{\text{б}}, П_{\text{н}}$ – річна продуктивність обладнання до та після модернізації відповідно.

Тоді, підприємство отримає додатковий прибуток від зростання продуктивності обладнання:

$$E_1 = \Delta П \cdot П_{\text{ГП}} = 25 \cdot 1151 = 28775 \text{ грн.}$$

де E_1 – ефект від зростання продуктивності обладнання,

$П_{\text{ГП}}$ – маржинальний прибуток від продажу за одиниці готової продукції, що дорівнює різниці ціни та змінних витрат на одиницю продукції, грн.

$$П_{\text{ГП}} = Ц_{\text{г.п.}} - ЗВ = 50000 - 48849 = 1151 \text{ грн.}$$

де $Ц_{\text{г.п.}}$ – ціна за тонну готової продукції. Згідно із прас-листом продукції ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», 1 тонна картону коштує 50000 грн.

$ЗВ$ – змінні витрати підприємства, до яких входить ціна на сировину, необхідну для виготовлення тонни готової продукції ($Ц_{\text{с}}$, грн) та оподаткована заробітна плата основних працівників ($ЗП_{\text{роб}}$, грн.).

$$ЗВ = Ц_{\text{с}} + ЗП_{\text{роб}} = 30000 + 15450(1 + \text{ЄСВ}) = 48849 \text{ грн.}$$

Здійснення модернізації обладнання дозволить зменшити експлуатаційні витрати підприємства. Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування, складаються з наступних статей витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів,
- витрати на придбання та виготовлення запасних частин,
- витрати на оплату праці персоналу, що ремонтує устаткування,
- інші експлуатаційні витрати.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого базового устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням складає:

$$E_2 = q_{\text{баз}} \cdot \Phi_{\text{баз}} - q_{\text{нов}} \cdot \Phi_{\text{нов}} = 0,03 \cdot 2000000 - 0,02 \cdot 2102546,92 = 17949,06 \text{ грн},$$

де $q_{\text{баз}} = 0,03$ – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для базового устаткування паперорізального верстата, [10]

$q_{\text{нов}} = 0,02$ – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого устаткування паперорізального верстата, [10]

$\Phi_{\text{баз}} = 2000000$ – первісна вартість базового устаткування, згідно із прас-листом компанії-виробника, млн. грн.,

$\Phi_{\text{нов}} = 2102546,92$ – первісна вартість удосконаленого устаткування, грн.

Таким чином, загальна сума додаткового річного прибутку підприємства за рахунок модернізації паперорізального верстата складе:

$$\text{ЧП} = (E_1 + E_2)(1 - c_{\text{под}}) = (28775 + 17949,06)(1 - 0,18) = 38313,72 \text{ грн},$$

де ЧП – сума річного чистого прибутку, додатково отримуваного підприємством після модернізації устаткування,

$c_{\text{под}}$ – ставка податку на прибуток, яка відповідно до Податкового кодексу України складає 18%.

8.5 Оцінка ефективності модернізації устаткування

Оцінка ефективності модернізації паперорізального верстата здійснюється шляхом порівняння суми капітальних вкладень з отримуваним додатковим прибутком. Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = \text{ЧП} - K_{\text{заг}} \cdot E_{\text{н}} = 38313,72 - 102546,92 \cdot 0,1 = 280590,2 \text{ грн},$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. Ця величина обернена нормативному терміну експлуатації устаткування:

$$E_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{10}$$

де $T = 10$ – нормативний термін експлуатації устаткування, років.

Також оцінка доцільності модернізації устаткування здійснюється за допомогою періоду окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{заг}}{ЧП} = \frac{102546,92}{38313,72} = 2,68 \text{ років,}$$

де $T_{ок}$ – період окупності капітальних вкладень в модернізацію устаткування.

Середній період окупності аналогічних проектів складає 1 – 3 роки, тому запропонована модернізація паперорізального верстата характеризується середнім періодом окупності.

Висновок: оскільки запропонована модернізація діючої на підприємстві базової паперорізального верстата має задовільний період окупності та приносить додатковий прибуток 280590,2 грн, то її впровадження на підприємстві є доцільним.

З метою вдосконалення проклеювання картонного полотна пропонується придбати інфрачервоні випромінювачі. Доставка, монтаж та перевірка забезпечення необхідних технологічних показників системи вакуумочищення здійснюватиметься компанією-виробником.

В результаті модернізації паперорізального верстата на 25% підвищується продуктивність. Покращуються якісні показники намотування, Також до позитивного ефекту від модернізації відноситься покращення показників охорони праці та ергономіки обслуговуючого персоналу.

Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» здійснено модернізацію паперорізального верстату, призначеного для розрізання полотна санітарно-гігієнічного паперу з обрізною шириною 4,2 м. Завдяки покриттю шаром гуми робочої поверхні несучих валів забезпечено більш ефективне намотування рулонів на накаті верстата.

Проаналізовано сучасні конструкції паперорізальних верстатів, визначено їх переваги та недоліки, вибрано конструкцію найприйнятнішу для заданих умов.

Проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що можуть виникнути при роботі верстата, розроблено заходи щодо їх ліквідації.

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції верстата; проведено розрахунки на міцність і надійність ножового, папероведучого, тамбурного валів, визначено довговічність підшипників, проведено розрахунок механізму виважування притискного вала.

Надано рекомендації з монтажу та експлуатації, визначено техніко-економічні показники та рівень стандартизації та уніфікації паперорізального верстата. Приведено технологію виготовлення лабіринтної втулки та розроблено варіант автоматизації накату верстата.

В результаті патентного дослідження встановлено, що паперорізальний верстат не містить конструктивних рішень, захищених діючими патентами.

В результаті проведеної модернізації збільшилася продуктивність роботи верстата. Сукупний економічний ефект від модернізації складає суму в 280590,2 грн. на рік.

Графічна частина проекту складається з дев'яти креслень формату А1, серед яких: складальні креслення модернізації паперорізального верстата, ножового вала, тамбурного вала, папероведучого вала, креслення втулки та

складальне креслення. До кожного складального креслення складені специфікації.

За період виконання дисертації подано заявку на корисну модель, паперорізального верстата санітарно-гігієнічного паперу, опубліковано статтю в Мультидисциплінарному Міжнародному науковому журналі «Інтернаука» та дві тези доповідей на Всеукраїнських конференціях

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Conclusions

In the dissertation of Master's degree on theme «Modernization of the paper-cutting machine intended cutting the sanitary-hygienic cloth with a width of 4.2 m is carried out. Thanks to the coating of the rubber layer on the working surface of the bearing shafts, more efficient rolling of the rolls on the rolling of the machine is assured.

The modern designs of paper-cutting machine tools are analyzed, but their advantages and disadvantages are determined, the design of the most suitable for the given conditions is chosen.

The analysis of hazardous and hazardous production factors that may occur during the operation of the machine is carried out, measures to eliminate them have been developed.

The calculations confirming the working capacity of the machine tool construction are carried out; Calculations were made on the durability and reliability of the knife, paper-rod, tambour shafts, the durability of the bearings was determined, the mechanism of weighing of the clamping shaft was calculated.

The recommendations for installation and operation are given, the technical and economic indicators and the level of standardization and unification of the paper-cutting machine tool are determined. The technology of making a labyrinth bush is given and a variant of automation of rolling of the machine is developed.

As a result of the patent research, it was established that the paper-cutting machine does not contain constructive solutions protected by valid patents.

As a result of the modernization, the productivity of the work-machine was increased. The total economic effect of modernization is UAH 280590.2. for a year.

The graphic part of the project consists of nine drawings of A1 format, among them: assembly drawings of the modernization of the paper-cutting machine tool, the knife shaft, the shaft shaft, the shaft of the pulley, the drawing of

the sleeve and the assembly drawing. Specifications are compiled for each assembly drawing.

During the period of the dissertation application, an application for a useful model, a papier-roserie machine for sanitary-hygienic paper has been submitted, an article has been published in the Multidisciplinary International Scientific Journal "Internet Science" and two theses of reports at All-Ukrainian conferences.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Перелік посилань

1. Патент № 1752576 (SU), МПК6 В 31 В1/16. Автоматичний агрегат для порізки рулонного паперу / А.А. Страхов, А.Ю. Савельєв – Заявка № 4836522/12, 09.04.90; Опубл. 07.08.83, Бюл. № 29.

2. А.с. № 1357249 (SU), МПК6 В 31 В 1/20 . Пристрій для розрізання картону / Ю.П. Шпиталев, В.І. Бугайченко – Заявка № 482273/12, 16.06. 88; Опубл. 30.09.90, Бюл. № 36

3. Патент № 2108913 (RU), МПК6 В 31 В 1/16. Бумагорезательная машина/ Л.И. Голубцов – Заявка № 95120829/12, 05.12.95; Опубл. 20.04.98, Бюл. № 1.

4. Patent № 5800327 (DE), D 21 F 1/32. Paper cutting devise / Westerkamp, Arved H., 72581 Toshiaki Kishine, Hideo Izava 8-18750 Steinheim, DE. – Erklären №655703 , 30.05.96; Veröffentlichung 20.09.07.

5. Patent № 3935776 (US), В 31 В 1/24. Paper cutting mashine/James C. Dingus, 175 Kentucki Drive, Newport 41071. – Erklären №499549, 22.06.74; Veröffentlichung 31.10.07.

6. Эйдли И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 572 с.

7. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. – М.: Лесная промышленность. 1991- 264 с.

8. Методичні вказівки по розрахунку та конструюванню валів. Вибір підшипників кочення./ Під редакцією В. А. Стадника. - – К.: НТУУ „КПІ”, 2004. – 32 с.

9. Справочник технолога. Обработка металлов резаньем. / Под ред. А. Г. Монахова. – М.: Машиностроение, 1974. – 598 с.

10. Справочник металлиста / Под ред. А. М. Малова. – М.: Машиностроение, 1976-1998. – 526 с. – Т. 1-5

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

11. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / Укл.: А. Е. Розенплентер, Т. В. Панішева, С. В. Лисенко – К.: НТУУ „КПІ”, 2005. – 32 с.
12. Якимов Г. Д. Основы монтажа и ремонта бумагоделательного оборудования. – Л.: ЛГУ, 1973. – 156 с.
13. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины. Справочное пособие. / Под ред. Б. Д. Кошарской - М.: Машиностроение, 1977. – 486 с.
14. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков . – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
15. Практикум із охорони праці. Навч. Посібник. / За ред. В. Ц. Житецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
16. Расчет деталей машин: Учебн. Пособие. / За ред. Киркач Н. Ф., Баласанян Р.А.: Основа, 1991. – 276 с.
17. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник. / За ред. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
18. Методические рекомендации к практическим занятиям и индивидуальной работе по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей химического машиностроения / Сост. С. С. Добрянский. – К.: КПИ, 1991 – 91 с.

Додаток А

Технологічний процес виготовлення лабіринтної втулки

ВСТУП

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – лабіринтної втулки, проектування оснастки для свердління чотирьох отворів діаметром 12 мм. Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи вирішуються наступні задачі:

- аналізується призначення деталі та умови її роботи;
- здійснюється аналіз технологічності;
- обирається заготовка та спосіб її отримання;
- розробляється маршрутний технологічний процес;
- визначаються припуски на обробку;
- розраховуються режими різання та норми часу на виготовлення деталі;
- розробляється та розраховується спеціальне верстатне пристосування;
- виконується робоче креслення деталі та складальне креслення пристосування з специфікацією;
- заповнюються операційні карти на всі операції механічної обробки заготовки.

Всі етапи виконуваних робіт детально описані в даній пояснювальній записці.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

А.1 Призначення, умови роботи деталі у вузлі апарату

Лабіринтна втулка є деталлю вала, яка пригвинчується до корпусу.

В процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

розробка технології виготовлення деталі «лабіринтна втулка», в яку входить вибір методу отримання заготовки і розрахунок припусків, вибір устаткування і інструментів для кожної операції; проектування верстатного пристрою – кондуктора для свердлення отворів.

А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

Матеріал деталі сталь 35Л ГОСТ 977 – 88 має ливарні властивості. Конструкція деталі дозволяє отримати виливок простої форми. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидко ріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту.

А.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки.

Деталь має ступінчасту і фігурну форми, тому з урахуванням мало-серійного типу виробництва заготовка з виливка неекономічна через підвищене витрачання металу у стружку.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Заготовку виливають у форму, сформовану з суміші на основі піску та глини. Ця форма виготовлена за розмірами близькими до розмірів виготовленої деталі з урахуванням припусків.

Після охолодження заготовку виймають разом зі стрижнем, який забезпечує осьовий отвір у заготовці. За тим стрижень видаляють із заготовки, очищують від формовочної суміші, обрізують литники і приступають до обробки. Заготовку показано на рисунку А.1.

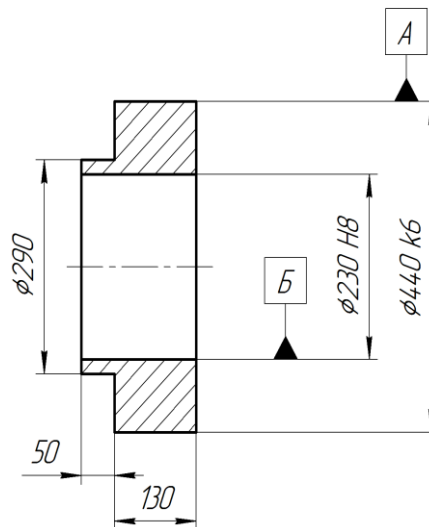


Рисунок А.1. Ескіз заготовки.

А.4 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

А.4.1 Визначення припусків і розмірів заготовки з допусками

Маса деталі $q=52$ кг (згідно з кресленням).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

96

Приймаємо межу маси заготовки:

$$Q=60...70 \text{ кг}$$

Об'єм простої описаної фігури:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,44^2 - 0,23^2) \cdot 0,13}{4} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

Об'єм заготовки очікуваний:

$$V_n = V_z - V_1 = \frac{\pi}{4} (0,44^2 - 0,23^2) 0,19 - \frac{\pi}{4} (0,44^2 - 0,29^2) 0,06 = 1,584 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$\text{Відношення } V_n / V_{\phi} = 1,584 \cdot 10^{-2} / 2,9 \cdot 10^{-2} = 0,546$$

Основні та додаткові припуски та допуски назначаємо згідно ГОСТ 7505–89 [13], (Таблиця А.1)

Таблиця А.1. Розміри заготовки з допуском

Поверхня, що оброблюється	Шорсткість Ra, мм	Припуск на розмір, мм	Розмір заготовки, мм		Відхилення розмірів, мм
			Розрахунковий	Прийнятий	
1	2	3	4	5	6
Ø 430	3,2	2 (2,7+0,3)	Ø 435,4	Ø 436	+2,7 / -1,3
Ø280	12,5	2(1,6+0,3)	Ø283,2	Ø284	+2,7 / -1,3
Ø240	3,2	2(2,3+0,3)	Ø235,4	Ø235	+2,7 / -1,3
Лінійні розміри					
120	12,5	2(1,7+0,5)	123,4	124	+2,7 / -1,3
50	12,5	2(1,3+0,5)	52,6	53	+ 1,8 / -1,0

А.4.1.1 Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку отвору Ø 240Н8

1 перехід – чорнове розточення Н10, Ra 12,5

2 перехід – чистове розточення Н8, Ra 3,2

Двохсторонній мінімальний припуск на обробку в загальному випадку [13]:

$$2 \cdot z_{\min(i)} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{(i-1)} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \xi_{(i)}^2} \right] \quad (\text{A.4})$$

де $R_{z(i-1)}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

$h_{(i-1)}$ – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ – сумарні відхилення розміщення поверхні на попередньому переході;

$\xi_{(i)}$ – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Мінімальний припуск на чорнове точіння згідно з (A.4):

$$2 \cdot Z_{2\min} = 2 \cdot (R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \xi_2^2}) = 2 \cdot (400 + \sqrt{1608^2 + 500^2}) = 4168 \text{ мкм}.$$

Величини R_{Z1} та h назначаємо згідно [13], $R_{Z1}+h=400\text{мкм}$

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{П}}^2} = \sqrt{412^2 + 1000^2 + 1190^2} = 1608 \text{ мкм}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поверхні отвору заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} \cdot e)^2 + (\Delta_{\kappa} \cdot D)^2} = \Delta_{\kappa} \cdot \sqrt{e^2 + D^2} = 1,4 \cdot \sqrt{170^2 + 240^2} = 412 \text{ мкм},$$

де $e=170 \text{ мм}$ – довжина отвору згідно з кресленням;

$D=240 \text{ мм}$ – діаметр отвору згідно з кресленням;

$\Delta_{\kappa} = 1,4 \text{ мкм/мм}$ – питома кривизна [13]

$\Delta_{\text{екс}}$ – відхилення від концентричності отвору, $\Delta_{\text{екс}} = 1000 \text{ мкм}$;

$\Delta_{\text{П}}$ – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{\text{П}} = \Delta_{\text{Н}} \cdot L = 0,7 \cdot 1700 = 1190 \text{ мкм}$$

де $\Delta_{\text{Н}} = 0,7 \text{ мкм/мм}$ – питома відхилення [13].

$\xi_2 = 500 \text{ мкм}$ – похибка закріплення заготовки для чор-

нового точіння в трьохкулачковому патроні з базуванням на вилитій поверхні.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \cdot (R_{Z2} + h_1 + \sqrt{\Delta_2^2 + \xi_3^2}) = 2 \cdot (200 + 160 + \sqrt{96,5^2 + 250^2}) = 1256 \text{ мкм}$$

Для заготовки $R_{Z2}=200$ мкм, $h_1=160$ мкм.

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_2 = k_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,06 \cdot 1608 = 96,5 \text{ мкм},$$

де $k_{y2} = 0,06$ – поправочний коефіцієнт [13]

Похибка закріплення для чистового точіння: $\xi_3 = 250$ мкм

Розміри отвору після чистового точіння:

$$d_{P\min} = d_H + EI = 240 + 0 = 240 \text{ мм},$$

$$d_{P\max} = d_H + ES = 240 + 0,072 = 240,072 \text{ мм},$$

де $d_H = 240$ - номінальний розмір заготовки;

$EI = 0$ – верхнє граничне відхилення;

$ES = 0,072$ – нижнє граничне відхилення.

Розрахунковий мінімальний розмір визначаємо різницею максимального розрахункового розміру та величини допуску:

$$D_{P1\min} = D_{P1\max} - TD_1 = 234,7 - 0,4 = 234,3 \text{ мм}$$

$$D_{P2\min} = D_{P2\max} - TD_3 = 238,9 - 0,72 = 238,2 \text{ мм}$$

Допуск на обробку заготовки визначаємо за [13].

Для деталі: $TD_3 = 0,072 \text{ мм} = 72 \text{ мкм}$ (H8);

Заготовки: $TD_1 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм}$ (IT).

Розрахунковий розмір для чорнового точіння:

$$D_{P2\max} = D_{P3\max} - 2Z_{3\min} = 240,14 - 1,256 = 238,9 \text{ мм}.$$

Для заготовки:

$$D_{P1\max} = D_{P2\max} - 2Z_{2\min} = 238,9 - 4,168 = 234,7 \text{ мм}.$$

Для чорнового точіння: $TD_2 = 0,185 \text{ мм} = 185 \text{ мкм}$ (H10)

Мінімальний гарантований розмір:

$$D_{1\max} = D_{1\min} + TD_1 = 230,5 + 0,4 = 230,9 \text{ мм}$$

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

$$D_{2\max} = D_{2\min} + TD_3 = 238,2 + 0,72 = 238,9 \text{ мм},$$

мінімальне та максимальне значення припусків:

$$2Z_{2\max} = D_{2\min} - D_{1\min} = 238,2 - 234,3 = 3900 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\min} = D_{2\max} - D_{1\max} = 238,9 - 230,9 = 8000 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\max} = D_{3\min} - D_{2\min} = 240 - 238,2 = 1800 \text{ мкм}$$

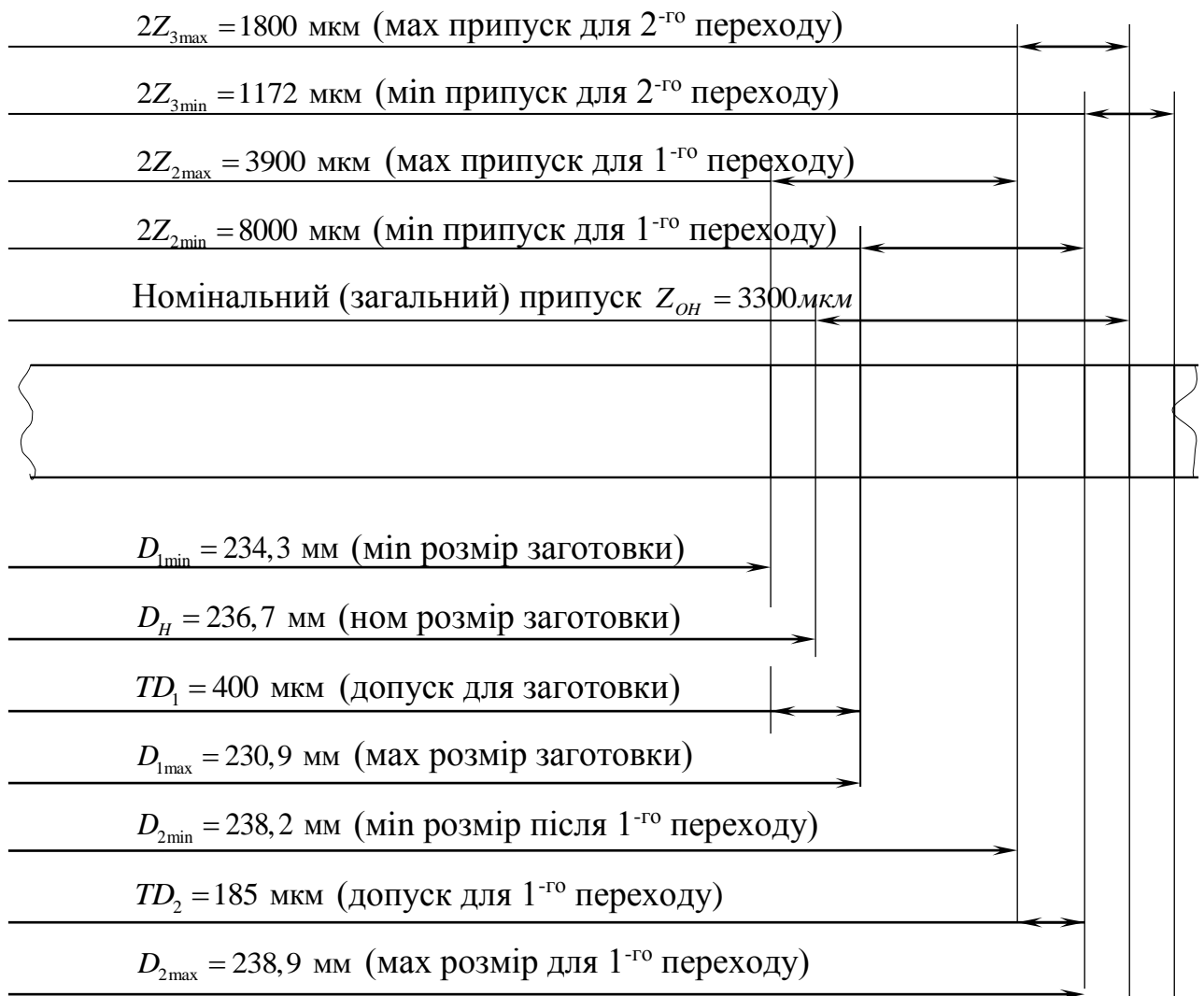
$$2Z_{3\min} = D_{3\max} - D_{2\max} = 240,072 - 238,9 = 1172 \text{ мкм}$$

Номінальний розмір заготовки:

$$D_{H1} = D_{1\min} - EI = 234,3 - (-2,4) = 236,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{OH} = D_{HO} - D_{H1} = 240 - 236,7 = 3,3 \text{ мм}.$$

Схема графічного розташування припусків та допусків зображена на рисунку А.2



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

100

$D_{3\min} = 240 \text{ мм}$ (мін розмір для 2 ^{-го} переходу)
$TD_3 = 72 \text{ мкм}$ (допуск для 2 ^{-го} переходу)
$D_{3\max} = 240,072 \text{ мм}$ (мах розмір для 2 ^{-го} переходу)

Рисунок А.2. Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору Ø 240Н8

А.4.1.2 Визначення операційних припусків табличним методом

Припуски визначаємо за довідником [13] в зворотньому порядку послідовності обробки.

Припуски та розміри занесені до таблиці А.2

Таблиця А.2 Припуски та розміри.

Поверхня, що оброблюється	Метод обробки	Квалітет точності	Шорсткість, Ra	Припуск на різання, мм	Операційні розміри та допуски, мм
Отвір Ø 240 мм	Чистове точіння	Н8	3,2	1,2	Ø 240 ^{+0,072}
	Чорнове точіння	Н10	12,5	3,8	Ø 237,6 ^{+0,185}
	Заготовка	Т3	50	—	Ø 230 ^{+0,4}
Торець Ø 430 мм	Чистове підрізання	3,12	3,2	0,6	180±0,11
	Чорнове підрізання	3,14	12,5	1,2	181,6±0,26
	Заготовка	Т3	50	—	190±1,3
Поверхня Ø 430 мм	Чистове підрізання	к6	3,2	1,2	Ø 430 ^{+0,008}
	Чорнове підрізання	к8	12,5	4,8	Ø 438,0 ^{+0,029}
	Заготовка	Т3	50	—	Ø 440 ^{+0,4}

Решту поверхонь оброблюємо за один прохід, при цьому операційні припуски відповідають загальному припуску, а операційні розміри – кресленню.

А.4.2 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 12

Матеріал який оброблюється – сталь 35Л. Обладнання — радіально – свердлильний верстат 2Н55, інструмент – свердло спіральне Ø 12 з швидко ріжучої сталі Р6М5 (ГОСТ 4010–77); форма заточення свердла – нормальна.

Глибина різання $t=6$ мм.

З подач, що рекомендуються [13] призначаємо $S_0=0,15$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=45$ хв. [13].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_H = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_0^y} \cdot k_V = \frac{7 \cdot 9^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 0,65 = 27 \text{ м/хв}$$

де $C_V = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$; $k_V = 0,65$ [13].

Осьова сила:

$$P_0 = 10 \tilde{N}_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p = 10 \cdot 68 \cdot 12^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,68 = 775,8 \text{ Ї}$$

Значення коефіцієнтів та показників ступеня вибираємо за [13].

$C_H = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$;

$C_P = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$.

k_P – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_P = 0,68$.

Потужність різання:

$$N_C = \frac{M_{об} \cdot n}{9750} = \frac{4,2 \cdot 1200}{9750} = 0,52 \text{ кВт}$$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10 C_H \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_P = 10 \cdot 0,0345 \cdot 9^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,68 = 4,2 \text{ Н×м}$$

де n – частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27}{3,14 \cdot 12} = 717 \text{ об/хв.}$$

По станку підбираємо наближене значення $n_{\phi} = 800$ тоді фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 800}{1000} = 26,5 \text{ м/хв.}$$

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр} = 5,5$ кВт.

Приймаємо: $t = 6$ мм, $S_0 = 0,15$ мм/об,

$n_{\phi} = 1200$ об/хв, $V_{\phi} = 26,5$ м/хв, $N = 0,52$ кВт.

$S_{\phi} = 0,15 \cdot 800 = 120$ мм/хв.

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

А.4.3 Розрахунок норми часу на свердління отворів Ø 12

Штучно – калькуляційний час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{BP} + l_{IAD}}{S_{OA}} = \frac{80 + 0,3 \cdot 6 + 0}{120} = 0,68 \text{ хв}$$

де l – довжина поверхні, яка оброблюється:

$$l = t = 24 \text{ мм};$$

$$l_{BP} = 0,3 \cdot 6 \text{ мм} – \text{довжина врізання};$$

$$l_{PER} = 0 \text{ мм} – \text{довжина перебігу інструменту}.$$

Норми допоміжного часу занесені до таблиці А.3

Таблиця А.3 Норми допоміжного часу

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,15
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,04
Всього		0,28

Для одного отвору:

$$T_{ц.к.} = 0,14 + 0,28 = 0,42 \text{ хв.}$$

Для дев'яти отворів:

$$T = 0,42 \cdot 4 = 1,68 \text{ хв.}$$

А.2.2 Розрахунок режимів різання

1) Розточити отвір Ø230 до Ø 237,6^{+0,185} (чорнове точіння).

Глибина різання: $t_{чорн} = 1,2 \text{ мм}$, подача $s_{чорн} = 0,6 \text{ мм/об}$ [23].

Період стійкості різця з врахуванням напіваавтоматичного режиму різання станка приймаємо підвищену: $T = 90 \text{ хвилин}$.

Швидкість різання:

$$V_{\text{чорн}} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot 60} \cdot K_V = \frac{620}{90^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,6^{0,2} \cdot 60} \cdot 0,42 = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 114 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де коефіцієнти C_V, x, y, m – табличні значення [23], для сталюого литва і різця з твердим сплавом: $C_V = 620, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2$.

Коефіцієнт швидкості розраховується за формулою [23]:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42,$$

де $K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_{nv} = 0,65$ – коефіцієнт, який враховує стан обробленої поверхні;

$K_{uv} = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини інструмента;

$K_{\varphi} = 0,97$ – коефіцієнт, який враховує кут у плані;

$K_r = 0,94$ – коефіцієнт, який враховує радіус ріжучої кромки інструменту.

Частота обертання:

$$n_{\text{чорн}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 1,9}{3,14 \cdot 237} = 282,74 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 2,54 \frac{\text{об}}{\text{с}};$$

Кінцеве значення, яке приймаємо:

$$n_{\text{чорн}} = 220 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

тоді

$$V_{\text{чорн}} = \frac{3,14 \cdot 237 \cdot 220}{1000} = 164,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 2,73 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Хвилинна подача:

$$S_{\text{м}} = S \cdot n = 0,6 \cdot 220 = 132 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Сила різання:

					ЛБ71 705371 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

$$P_{Z_{\text{чорн}}} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 132^{-0,15} \cdot 0,75 = 745,32 \text{ Н},$$

де C_p, x, y, n – табличні значення [23] для сталюого литва і різця з твердим сплавом: $C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$.

Коефіцієнт K_p являє собою множення ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75,$$

де $K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}$ – коефіцієнти, які враховують фактичні умови різання. Значення цих коефіцієнтів табличні [23].

Потужність різання:

$$N_{\text{чорн}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{745 \cdot 164,2}{1020 \cdot 60} = 1,99 \text{ кВт}.$$

2) Розточити отвір $\varnothing 237,6^{+0,185}$ до $\varnothing 240^{+0,072}$ (чистове точіння).

Глибина різання: $t_{\text{різ}} = 0,6 \text{ мм}$, подача $s_{\text{чорн}} = 0,6 \text{ мм/об}$ [23].

Період стійкості різця з врахуванням напівавтоматичного режиму різання станка приймаємо підвищену: $T = 90$ хвилин.

Швидкість різання:

$$V_{\text{чист}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot 60} \cdot K_v = \frac{620}{90^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,6^{0,2} \cdot 60} \cdot 0,42 = 1,95 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 117 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де коефіцієнти C_v, x, y, m – табличні значення [23], для сталюого литва і різця з твердим сплавом: $C_v = 620, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2$.

Коефіцієнт швидкості розраховується за формулою [23]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42,$$

де $K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_{nv} = 0,65$ – коефіцієнт, який враховує стан обробленої поверхні;

$K_{uv} = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини інструмента;

$K_{\varphi} = 0,97$ – коефіцієнт, який враховує кут у плані;
 $K_r = 0,94$ – коефіцієнт, який враховує радіус ріжучої кромки інструменту.

Частота обертання:

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 1,95}{3,14 \cdot 237} = 282,74 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 2,58 \frac{\text{об}}{\text{с}};$$

Кінцеве значення, яке приймаємо:

$$n_{\text{чист}} = 220 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

тоді

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 237 \cdot 220}{1000} = 165,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 2,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S \cdot n = 0,6 \cdot 220 = 132 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Сила різання:

$$P_{Z_{\text{чист}}} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,6^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 175,4^{-0,15} \cdot 0,75 = 487,2 \text{ Н},$$

де C_p, x, y, n – табличні значення [23] для сталюого литва і різця з твердим сплавом : $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$.

Коефіцієнт K_p являє собою множення ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75,$$

де $K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}$ – коефіцієнти, які враховують фактичні умови різання. Значення цих коефіцієнтів табличні [23].

Потужність різання:

$$N_{\text{чист}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{487,2 \cdot 165,8}{1020 \cdot 60} = 1,39 \text{ кВт}.$$

А.5 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Для свердління отворів $\varnothing 12$ мм на поверхні втулки розроблено пневматичний кондуктор для свердління дев'яти отворів $\varnothing 12$ (Рисунок А.3).

Кондуктор, рисунок А.3, призначений для використання на верстаках свердлильної групи 3 Т - подібними пазами шириною 14 мм.

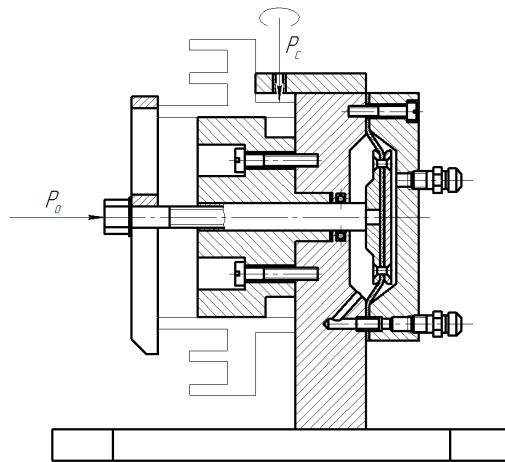


Рисунок А.3 Схема сил, що діють у пристрою

Заготовка встановлюється на вал $\varnothing 240$ кондуктора та прижимається скобою до станини за допомогою гвинта. Гвинт вкручується у центровий отвір з різьбою та втягується пневматичним механізмом у кондуктор.

Закріплення заготовки в кондукторі виконується за допомогою гвинта Tr10x1,5, затиснення заготовки – за допомогою пневматичного механізму.

Розраховуємо зусилля притискання P_0 .

Крутний момент сверла $M_{об} = 4,2$ Н·м,

Розкладаємо крутний момент на складові:

$$M_{об} = \frac{P \cdot l}{k},$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ71 705371 001 ПЗ

Арк.

108

звідки

$$P = \frac{M_{об}}{l} k = \frac{4,2}{0,12} 3,5 = 123 \text{ Н},$$

де P – складова сила крутного моменту, Н,

l – плече крутного моменту, м,

k – коефіцієнт запасу, $k=3,5$ [14]

Зусилля притискання

$$P_0 > P = 123 \text{ Н}$$

Виходячи із знайденого зусилля знаходимо тиск на мембрану пневматичного механізму:

$$p = \frac{P_0}{S} = \frac{123}{3,14 \cdot 10^{-2}} = 3917 \text{ Па}$$

де S – робоча площа мембрани м^2 .

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2,$$

де D – діаметр робочої поверхні мембрани

Приймаємо робочий тиск $p = 4 \text{ кПа}$.

Додаток Б

Автоматична система керування накатом
паперорізального верстата

						ЛНБ 71.510367.000 ПБІЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			1080

Б.1 Опис технологічної схеми процесу накату ПРВ

Науковий та технічний прогрес не стоїть на місці. Технології стають все більш складні та швидше протікають процеси. Це вимагає більш точних вимірювань параметрів, швидких порівнянь з заданими, їх коригування та аналізу отриманого результату. Від цього залежить якість кінцевої продукції, швидкість виготовлення, без наявності браку та неспрацювання обладнання.

Але обмежені можливості організму людини гальмують інтенсифікацію промислового виробництва. Людина швидко втомлюється від монотонної праці, тим паче від праці в важких умовах, не може швидко реагувати на зміну характеристик процесу та обробляти водночас велику кількість інформації.

Автоматизація дає можливість частково або повністю вилучити людину з процесу виробництва, надати їй можливість працювати в сприятливих умовах, звільнити від перевантаження. А також дає можливість точного контролю всіх процесів та вирішенню складних технологічних задач.

Автоматизація процесу притискання та вирівнювання притискного валу призначена для рівномірного намотування рулону паперу на накаті ПРВ, для того щоб рулони мали приблизно однакову густину намотування, щоб підтримувати рівномірний тиск на паперове полотно і запобігти його обривам.

					ЛБ71.51060.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Деркач						
Перевір.		Колпаков						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
					ЛБ71.51060.001 ПЗ			
					Автоматична система керування ПРВ			
					71.001.ПЗ			
					ІХФ, каф. МАХНВ			
					111			

Б.2 Аналіз технологічного процесу

Процес переробки рулону на паперорізальному верстаті складається з цілого ряду операцій, що послідовно виконуються. Рулон установлюється в стойках верстата, тамбурний вал приєднується до приводу розкату. Полотно, яке розмотується огинає папероведучий вал проходить по направляючому апарату між верхніми та нижніми ножами. Розрізання проходить по принципу ножиць. Після проводки між несучими валами привід зупиняють. На несучі вали кладуть гільзи, зажимають штоками кареток і заправляють на них полотно. Для його розправлення перед несучими установлений розправочний вал. Необхідний лінійний тиск між рулоном і несучими валами створює притискний вал. Щоб лінійний тиск залишався приблизно однаковим притискний вал виважують двома пневмоциліндрами. Верстат включають для роботи на заправній швидкості. При нормальному ході процесу верстат розганяють до робочої швидкості, коли рулон досягає потрібного діаметра або метражу паперу, привід автоматично гальмується.

При повній зупинці верстату притискний вал піднімається, розжимаються штоки кареток, виключаються верхні ножі, пускається прийомний стіл, готові рулони зіштовхуються.

Таблиця Б.1 – Необхідний об'єм автоматизації виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Несучий вал 3	Кількість обертів	800 об/хв	Контроль
2	Несучий вал 4	Кількість обертів	800 об/хв	Контроль
3	Притискний вал	Сила притискання валу до рулону	14 кН	Контроль, регулювання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ71-51060-001-ПЗ ЛБ71-705371-001-ПЗ	Арк. Дк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1102

Б.3 Опис розробленої схеми автоматизації

Переміщення механізму перекосу притискного валу здійснюється пневмоциліндрами з лицьової і приводної сторони.

Повітря з магістралі поступає в штокові порожнини циліндрів через регулятори тиску 2РД і 3РД, які налагоджуються вручну незалежно один від одного для лицьової і приводної сторін. Контроль тиску стисненого повітря після регуляторів 2РД і 3РД проводиться по манометрам 2М і 3М, що встановлені як і регулятори на пульті.

Переміщення механізму притискного валу здійснюється пневмоциліндрами двохсторонньої дії, що знаходяться з лицьової і приводної сторони. При підйомі притискного вала вмикається електромагніт повітряного розподільника 10ВРЕ, стиснене повітря через регулятор 8РД і повітряний розподільник поступає в штокові порожнини циліндрів, при цьому повітря з поршневих порожнин скидається в атмосферу через вентиль 2В9 і повітряний розподільник 9ВРЕ.

При опусканні притискного валу включаються електромагніти вентиля 2ВЕ та повітряного розподільника 9ВГЕ, стиснене повітря поступає в поршневі порожнини пневмоциліндрів, а штокові з'єднуються з атмосферою через повітряний розподільник 10 ВРЕ.

При ручному режимі роботи притискання валу здійснюється регулятором тиску 4РД, який встановлений на пульті і який регулюється вручну по манометру 4М. При цьому включається електромагніт вентиля 2ВЕ, повітря поступає до поршневих порожнин, а з них через повітряний розподільник 10ВРЕ випускається в атмосферу.

Дроселі 8ДОК, 9ДОК, 13ДОК, 14ДОК дозволяють регулювати швидкість підйому та опускання валу. Для зупинки притискного валу в режимі підйому або опускання в будь-якому проміжному положенні та при необхідності усунути натиск необхідно знеструмити всі електромагніти.

Конструкція передбачає автоматичне притискання валу (зусилля притиснення валу до рулону знаходиться в функціональній залежності від діаметру намотуваного рулону). На осі зірочки притискного валу установлений сельсин-датчик, що електрично пов'язаний з сельсин-приймачем, котрий знаходиться на пульті. Ось сельсин-приймача механічно зв'язана з віссю пневматичного перетворювача ПП, котрий видає пневматичний сигнал, що пропорційний куту повороту сельсин-отримувача, тобто переміщенню притискного валу. Вихідний сигнал перетворювача поступає на вихід пропорційного регулятора ПР. Вихідний сигнал регулятора пропорційний різниці тисків вхідного сигналу та заданого тиску, що задається датчиком ЗУ. Сигнал від пропорційного регулятора ПР поступає на управляючу мембрану регулятора 5РД, котрий являється підсилювачем цього сигналу по тиску і по потужності. Стиснене повітря від регулятора 5РД при автоматичному режимі притискання через вентиль 4ВЕ (електромагніт вимкнений) поступає в поршневі порожнини пневмоциліндрів, що притискають вал при намотці.

Регулятори РПФ установлюють тиск пропорційного регулятора і пневмоперетворювача.

За допомогою задатчика ЗУ по манометру М, що знаходяться на пульті, встановлюють завдання на регулятор, що відповідає необхідному притисканню.

Постановка задачі автоматизації

1. Автоматизація пуску приводу та перемикавання швидкостей верстата.
2. Вимірювання частоти обертання несучих валів.
3. Регулювання лінійного тиску між валами.

Пуск валів та перемикавання швидкостей здійснюється такими приладами як: магнітний пускач ПМЕ-122 (1-1) та кнопочним вимикачем КУ123-12 (1-2), що розміщені на щиті. Заправка полотна проходить вручну тому і перемикавання проходить вручну. Кнопкою магнітного пускача (1-2) робочий

запускає привід валів. Сигнальна лампа HL1 сигналізує про нормальну роботу привода.

Вимірювання частоти обертання валів виконується безконтактним способом визначення частоти обертання валів тахометром дистанційним електричним ТХ 01(2-1,2-2), розміщеним по місцю. Прилад реєструє та показує значення частоти Tescom 85-2430 (2-3). Аналогічно виконується вимірювання частоти обертання другого несучого валу використовуючи при цьому інший прилад ТХ 01(3-1,3-2), розташований також по місцю, який реєструє та показує значення частоти Tescom 85-2430 (3-3).

Регулювання лінійного тиску між валами здійснюється ланцюгом підібраних приладів: передавальним перетворювачем ДВ13 (4-1), вторинним приладом ПВЧ-2П (4-2), пневматичним регулятором Tescom 44-5200 (4-3) та виконуючим механізмом, пневматичним прямої дії з позиціонером МВМ ППХ-320-25-10П (4-4). Передавальний перетворювач 4-1, який розміщений по місцю відбирає інформацію про пневматичний сигнал і передає його на вторинний прилад 4-2, який розміщений на щиті і показує значення тиску між валами. Далі сигнал передається на виконавчий пневматичний регулятор пропорціонально-інтегральний 4-3, який відкриває або закриває клапан на повітряному трубопроводі. Стиснене повітря регулює переміщення поршня в циліндрі золотникового механізму, який в свою чергу регулює притиснення валу до рулону паперу.

Висновки

У розрахунковій роботі розроблено функціональну схему автоматизації накату поздовжньо-різального верстату. Виконано поставлені завдання та складено заказну специфікацію на прилади та засоби автоматизації, вказані заводи виробники приладів.

У процесі розробки схем автоматизації технологічних процесів було забезпечено:

- отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для керування ним;
- стабілізацію технологічних параметрів процесу;
- контроль та реєстрацію технологічних параметрів процесу та стану технологічного устаткування.